This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

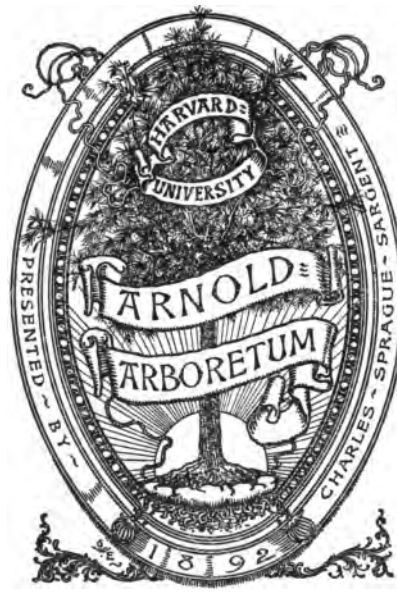
+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

RC43
G58

JP.


HARVARD
UNIVERSITY
ARNOLD
ARBORETUM
PRESENTED BY
CHARLES SPRAGUE SARGENT
1892

Untersuchungen über die natürlichen Grundlagen der nordamerikanischen Bewässerungswirtschaft.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde,

welche

mit Genehmigung der hohen philosophischen Fakultät

der

vereinigten Friedrichs-Universität Halle-Wittenberg

samt den angehängten Thesen

am Montag, den 26. Oktober 1903, 12 Uhr

öffentlich verteidigen wird

Landwirtschaftslehrer **Arthur Golf**

aus **Beyersdorf.**

Opponenten: Herr **Hans Fülberth,** Herr cand. agr. **Chr. Schönemann,** } Assistenten am landwirtsch. Institut der Unversität.

Halle a. S.
Druck von Wischan & Wettengel.
1903.

Meinen lieben Eltern

in herzlicher Dankbarkeit und Verehrung gewidmet.

Maße.

1	engl. Zoll	=	2,535 cm
1	„ Fuss	=	30,48 cm
1	„ Meile	=	1,609 km
1	Acker	=	0,405 ha
1	Gallone	=	3,785 l
1	Kubikfuss	=	0,028 Kubikmeter
1	Ackerfuss	=	eine Wassermenge, die einen „Acker“ einen Fuss hoch bedeckt.

Einleitung.

Etwa zwei Fünftel von der gesamten Fläche der Vereinigten Staaten sind so arm an Niederschlägen, dass eine künstliche Bewässerung erforderlich ist, um Ackerbau treiben zu können. Diese „aride" Region umfasst den ganzen westlichen Teil des Landes, mit Ausnahme eines schmalen Streifens an der Küste des stillen Ozeans. Als östliche Grenze wird eine, ungefähr mit dem hundertsten Längengrade zusammenfallende Linie angesehen, jedoch ist der Übergang von „arid" zu „humid" ein ganz allmählicher. Daher unterscheidet man auch eine „semiaride" Zone, etwa vom 97.—101. Längengrad, welche sich über die beiden Dakota, den westlichen Teil von Nebraska, Kansas und Oklahoma, und über das mittlere Texas erstreckt.

Vollständig in der regenarmen Region liegen die Territorien Arizona und Neu-Mexiko mit dem westlichen Teile von Texas, und die Staaten Colorado, Utah, Nevada, Wyoming, Montana und Idaho, ferner der östlich des Kaskadengebirges gelegene Teil von Washington und Oregon, und schliesslich Kalifornien mit Ausnahme seines nördlichen Teiles.

Während man früher glaubte, dass der grösste Teil des ganzen Westens für immer dem Ackerbau verschlossen bleiben würde, dass seine ungeheuren Ebenen stets nur magerem Steppenvieh Weide bieten würden, hat nunmehr auch hier der Unternehmungsgeist und frische Schaffensmut der Amerikaner eingesetzt und hat es unternommen, den fehlenden Regen zu ersetzen und durch grossartige Bewässerungsanlagen künstlich dem fruchtbaren Boden die erforderliche Feuchtigkeit zuzuführen.

Denn ein wirklich lohnender Ackerbau im Klein- und Mittelbetriebe und damit eine ausgedehntere Besiedelung des

Landes ist im Westen nur dort möglich, wo künstlich bewässert werden kann. Eifrig arbeiten Regierung und Gesellschaften an der Nutzbarmachung der natürlichen Wasserquellen, des Wassers der Flüsse und Seen und des Untergrundwassers, und viele tausend Hektar sind schon aus dürrer Steppe oder dürftigem Weizen- und Gerstenlande in grüne Luzerne-, Gemüse- und Rübenflächen, volltragende Weizen- und Haferfelder und herrliche Obstplantagen und Weingärten umgewandelt worden. Grosse Stauwerke und Dämme sind quer durch das Bett der aus den Bergen herabkommenden Flüsse gebaut, Kanäle, die zuweilen mit Zement ausgelegt sind, um Wasserverlust durch Versickerung zu vermeiden, und kilometerlange, breite Holzrinnen leiten die aufgestauten Wassermassen weiter und geben sie durch Schleusen und Nebengräben an die durstigen Felder ab, und wo das Fluss- und Seewasser nicht ausreicht und der Ertrag das Unternehmen lohnt, sind Brunnen gebohrt worden, und mit Dampf-, Wind-, oder elektrischer Kraft wird das Wasser aus der Tiefe gepumpt und tränkt die kalifornischen Obstgärten und die Reisfelder in Texas und Louisiana. Grosse Erfolge sind schon erzielt worden, und viel kann noch erreicht werden.

Für die Möglichkeit einer künstlichen Bewässerung, für die Ausdehnung, welche dieselbe gewinnen kann, für die Rentabilität der Bewässerungswirtschaft, für die Gestaltung des Betriebes, für alle diese Fragen sind massgebende und bestimmte Faktoren die von der Natur geschaffenen Verhältnisse, nämlich

I. die Bodengestaltung,
II. das Klima,
III. die Bodenverhältnisse,
IV. die vorhandenen Wasserquellen.

An diesen natürlichen Grundlagen selbst kann der Mensch nichts oder nur ganz geringfügiges ändern, auf ihnen muss er sein Werk aufbauen, indem er versucht, sie seinen Zwecken möglichst vollkommen dienstbar zu machen.

I. Die Bodengestaltung.

Das westliche Nordamerika besteht vorwiegend aus Hochebenen und Gebirgen. Längs der Küste des grossen Ozeans zieht sich das Küstengebirge hin, das im allgemeinen nur bis zu 3000 Fuss aufsteigt. Parallel zu ihm verläuft in Washington und Oregon das Kaskaden-Gebirge, mit einer durchschnittlichen Höhe von 6000 Fuss, in Nord- und Mittel-Kalifornien die Sierra Nevada, die sich im Mittel bis zu 8—10000 Fuss und in einigen Gipfeln über 14000 Fuss erhebt.

Küstengebirge und Sierra-Nevada schliessen zwischen sich das „grosse Tal" von Kalifornien ein. Seine Länge beträgt gegen 450 engl. Meilen, die durchschnittliche Breite 40 Meilen. Der nördliche Teil des Tales wird vom Sacramento, der südliche vom San Joaquin-Flusse durchflossen. Die beiden grossen Wasserläufe streben einander entgegen und durchbrechen nach ihrer Vereinigung unter Bildung der San Francisco-Bai den der Küste vorgelagerten Gebirgszug.

Die gewaltige Landmasse zwischen dem Ostrande der Sierra Nevada und des Kaskadengebirges einerseits und dem den östlichen Abschluss des Cordilleren-Systems bildenden Felsengebirge andrerseits ist von 4—6000 Fuss hohen Hochplateaus eingenommen, die sich hie und da zu kleineren Gebirgszügen erheben oder zu tiefen Tälern absenken.

Der Norden dieses Gebietes, dass heisst Idaho und der östliche Teil von Washington und Oregon, wird durch den Columbia River und seinen grossen Nebenfluss, den Snake River, entwässert. Die Mitte bildet das sogenannte „grosse Becken", welches Nevada und einen beträchtlichen Teil von Utah einschliesst. In einer früheren geologischen Zeit besass

das Becken vermutlich einen Abfluss nach Norden hin, zum Columbia River. Jetzt ist jedoch ein solcher Abfluss nicht mehr vorhanden, die Flüsse ergiessen sich entweder in grosse Binnenseen, unter denen der Utah-See und der grosse Salzsee in Utah und der Humboldt- und Carson-See in Nevada die bedeutendsten sind, oder sie versiegen allmählich unter Sumpfbildung. Der wichtigste Wasserlauf ist der Humboldt-River im nördlichen Nevada.

Nach Süden zu flacht sich das grosse Hochplateau bedeutend ab; in dem südöstlich der Ausläufer der Sierra-Nevada liegenden Teile Kaliforniens bleibt die Höhe im Durchschnitt unter 1000 Fuss und sinkt in der Colorado desert bis zu 263 Fuss unter den Meeresspiegel.

Die östliche Grenze des grossen Hochebenengebietes bildet das Felsengebirge (Rocky Mountains). Es erstreckt sich, soweit es ins Gebiet der Vereinigten Staaten fällt, mit seinen Ausläufern auf den westlichen Teil der Staaten Montana, Wyoming, Colorado, die östliche Hälfte von Utah und das nördliche Neu-Mexiko. Seine grösste Höhe erreicht das Felsengebirge im Staate Colorado, in dem zahlreiche Spitzen über 14000 Fuss hoch aufragen.

In Wyoming beträgt die allgemeine Erhebung über den Meeresspiegel 6000 Fuss, in der westlichen Hälfte von Montana 5000 Fuss.

Am Ostrande des Felsengebirges beginnt bei etwa 4500 Fuss die weite, bis zum Tale des Mississippi sanft sich abdachende Ebene. Sie wird von zahlreichen Nebenflüssen des Missouri und Mississippi durchzogen, so z. Beisp. vom Missouri selbst vom Yellowstone-Fluss, vom Platte und Arkansas.

Die südliche Fortsetzung des Gebirgszuges stellt das Colorado-Plateau dar, welches die Territorien Arizona und Neu-Mexiko zum grossen Teile ausfüllt. Die ganze nordöstliche Hälfte Arizonas ist ein grosses, annähernd ausgeglichenes Tafelland („Mesa") von mehr als 5000 Fuss Höhe, nur wenige Ketten steigen höher auf. Dem Hochplateau

vorgelagert ist ein Gürtel von 3—5000 Fuss hohen Mesas, während das südwestliche Drittel des Territoriums eine weite, nach Südosten geneigte Ebene bildet, und bis zu 140 Fuss (bei Yuma) abfällt. Neu Mexiko kann als eine einzige, 5000 Fuss hohe Ebene angesehen werden, die nur zwei Komplexe grösserer Erhebungen aufweist. Der 4000 Fuss hohe östliche Teil ist schon den „High Plains" zuzurechnen, die eine spezielle Abteilung des grossen Steppengebietes bilden.

Die in Neu-Mexiko entspringenden kleinen Flüsse ergiessen sich in der Hauptsache in den Rio Grande, der das Territorium in der Richtung von Norden nach Süden durchfliesst, oder in seinen grössten Nebenfluss, den Pecos, der in Neu-Mexiko selbst seinen Ursprung hat. Arizona und ebenso das östliche Utah gehören zum Stromgebiet des grossen Colorado-River, der auf der westlichen Seite des Felsengebirges entspringt und in den Golf von Kalifornien mündet.

II. Das Klima der ariden Region.

Nordamerika bietet ein ausserordentlich charakteristisches Beispiel für die Abhängigkeit des Klimas von den topographischen Verhältnissen eines Landes. Die Gebirgszüge, nämlich das pazifische niedrige Küstengebirge und das von der Sierra Nevada und dem Felsengebirge mit dem zwischen beiden liegenden Hochlande gebildete Kordillerensystem im Westen und die Alleghany Mountains im Osten, verlaufen sämtlich in der Richtung von Norden nach Süden; parallel zu den Breitengraden sich erstreckende, grössere Bergketten sind nicht vorhanden. Daher fehlt in Bezug auf die klimatischen Verhältnisse jede scharfe Trennung zwischen Norden und Süden; die im Winter im allgemeinen vorherrschenden nördlichen Winde tragen ihre eisige Luft ungehindert aus den arktischen Regionen bis zum Golf von Mexiko, während im Sommer die warmen Luftströmungen weit nach Norden hin vordringen.

Im Gebiete der Vereinigten Staaten sind in der Richtung von Westen nach Osten drei grosse Klimaprovinzen zu unterscheiden:

I. das Küstengebiet am stillen Ozean;
II. die westliche Plateau- und Gebirgszone;
III. die östliche Region, welche sich etwa vom hundertsten Grad westlicher Länge bis zum atlantischen Ozean erstreckt.

1. Das Klima der langgestreckten pazifischen Küstenzone steht ganz unter dem Einflusse des Ozeans und der sie im Osten begrenzenden und schliesslich nach Norden übergreifenden Gebirgsmasse, es ist ein eigentliches Küstenklima. Die hohen Bergketten halten die kalten Nord- und Ostwinde ab, die vorherrschende Windrichtung ist im Winter Süd bis Südwest, im Sommer West und Nordwest. Da die Winde demnach vorwiegend Seewinde sind, ist der Winter mild, der Sommer verhältnismässig kühl, und der Unterschied zwischen Sommer- und Wintertemperatur ausserordentlich gering. Nur im Grossen Tale von Mittel-Kalifornien macht sich infolge des vorgelagerten Küstengebirges die Nähe des Meeres nicht geltend, der Sommer ist daher bedeutend heisser als an der Küste, und der geschützten Lage wegen ist auch der Winter mild.

Der nördliche Teil der Küstenzone ist sehr regenreich, der südliche regenarm, und zwar erfolgen die Niederschläge zum weitaus grössten Teile in den Wintermonaten, vom November bis März; in Südkalifornien und im grossen Tal des Sacramento und San Joaquin ist die Zeit vom April bis Oktober sogar fast vollständig regenlos. Infolge der ungünstigen Verteilung der Niederschläge müssen die Kulturpflanzen vielfach auch in solchen Gebieten künstlich bewässert werden, in denen die Regenmenge zu gedeihlichem Wachstum ausreichen würde.

2. Das westliche Plateau- und Gebirgsland fällt ganz ins Gebiet der ariden und semiariden Region, nur in den höchsten Teilen des Gebirges gibt es einige niederschlagsreichere Distrikte. Im Süden, in Arizona, Neu-Mexiko, und den südlichsten

Teilen von Utah und Nevada, fallen gegen 35 % der Regenmenge in den Monaten Juli und August, im Gegensatz zu der winterlichen Regenperiode des an Arizona angrenzenden Kaliforniens. Wesentlich günstiger für die Vegetation ist die Verteilung der Niederschlagsmengen in dem von der Sierra Nevada und dem Felsengebirge eingeschlossenen Hochlande, welches Nevada, Utah, Idaho, und das östlich von den Kaskaden gelegene Gebiet von Oregon und Washington umfasst. Die Zeit des geringsten Regenfalls ist die von Juli bis September, dann erfolgt ein Ansteigen bis Dezember-Januar, und nach etwas verminderem Regenfall ein nochmaliges sanftes Anwachsen bis Mai. Diese Regenkurve wird wegen ihrer Ähnlichkeit mit der, allerdings schrofferen, Kurve der westlichen Küstenzone als „Sub-Pazifischer Typus" bezeichnet.

Im Felsengebirge erfolgen gewöhnlich reichlicher Schneefall im Winter und Frühjahr, und starke Regengüsse im Juli und August. Auf der östlichen Seite des Felsengebirges sind die Sommerregen vorherrschend, am niederschlagsreichsten sind die Monate April, Mai, Juni und Juli. Die Verteilung des spärlichen Regens ist hier also für den Ackerbau äusserst günstig.

Die Hochlandszone besitzt infolge der geringen Niederschlagsmengen und der vom Meere abgeschlossenen Lage, ein sehr trockenes, steppenartiges, teilweise sogar wüstenartiges Klima. Der Feuchtigkeitsgehalt der Luft ist ganz gering, die Verdunstung daher sehr stark. Die sehr wechselnde Höhenlage bringt natürlich grosse Mannigfaltigkeit der Wärmeverhältnisse mit sich; jedoch sind auch auf relativ hohen Plateaus die Tage im Sommer sehr heiss, die Nächte allerdings ziemlich kalt. Östlich des Felsengebirges ist wegen der nach Norden und Osten hin offenen Lage das Klima kühler und der Unterschied zwischen Sommer- und Wintertemperatur grösser. Die vorherrschende Windrichtung ist im Sommer Süd, im Winter Nord.

3. Die grosse östliche Klimaprovinz zeichnet sich durch genügenden, zum Teil sogar sehr grossen Reichtum an Niederschlägen und, was noch wichtiger ist, durch sehr gleichmässige

Verteilung derselben über das ganze Jahr aus, sie kommt daher für die vorliegende Untersuchung nicht in Betracht. Das grosse Wasserreservoir, welches den nordamerikanischen Osten so reichlich mit Feuchtigkeit versorgt, ist der mexikanische Busen.

Im Sommer sind Südost- und Südwinde vorherrschend, im Winter Nord- und Nordwestwinde. Daher sind die Sommer sehr heiss, die Winter sehr kalt, das Klima hat völlig kontinentalen Charakter, auch an der atlantischen Küste, da die im Sommer abkühlende, im Winter erwärmende Seeluft durch die dominierenden Landwinde ferngehalten wird.

Den für die Frage der künstlichen Bewässerung bedeutsamsten klimatischen Faktor bilden die Niederschlagsverhältnisse, denn die Zuführung von Wasser durch Menschenhand hat ja gerade den Zweck, den fehlenden Regen zu ersetzen und die vorhandene unzulängliche Niederschlagsmenge soweit zu ergänzen, dass ein gedeihliches Pflanzenwachstum möglich gemacht wird. In zweiter Linie sind aber auch alle diejenigen klimatischen Elemente in Erwägung zu ziehen, welche bei der Entführung des Wassers durch die Atmosphäre, bei der Verdunstung, mitwirken.

Die Niederschlagsverhältnisse.

Gewöhnlich nimmt man an, dass, um erfolgreich Ackerbau treiben zu können, überall da künstlich bewässert werden muss, wo der jährliche Regenfall weniger als 20 engl. Zoll (507 mm) beträgt. Darnach müsste zum Beispiel der im Regenschatten des Harzes liegende Teil der Provinz Sachsen und des Herzogtums Anhalt als bewässerungsbedürftig angesehen werden, denn die jährliche Niederschlagshöhe beläuft sich nach den Regenkarten von Hellmann in Halle nur auf 490 mm, in Cöthen auf 450 mm und in Ober-Röblingen im Mansfelder Seekreise sogar nur auf 418 mm. Nun wird aber niemand leugnen, dass gerade diese an Niederschlägen ärmsten Gebiete unsres Vaterlandes auch ohne künstliche Bewässerung zu den in der Kultur am weitesten vorgeschrittenen gehören.

Andrerseits findet in Nord-Italien, in der Po-Ebene, ausgedehnte Bewässerung statt, obgleich jährlich im Mittel gegen 1000 mm Regen fallen. Aber die Niederschläge erfolgen zum grössten Teil im Winter, während in Anhalt und den angrenzenden Teilen der Provinz Sachsen die in die Vegetationsperiode fallenden Monate Mai, Juni, Juli, August die regenreichsten sind.

Die Entscheidung über die Notwendigkeit der künstlichen Bewässerung und über die dabei anzuwendende Wassermenge richtet sich also viel weniger nach der jährlichen Regenhöhe als nach der Art der Verteilung derselben über das ganze Jahr und in erster Linie nach der Niederschlagsmenge in der Vegetationszeit.

Die Hauptquelle der Niederschläge im westlichen Nordamerika ist der stille Ozean. West- und Südwestwinde sind vorherrschend, sie führen die an Wasserdampf reiche Meeresluft dem Lande zu. Die Kette der Küstengebirge bringt einen, allerdings nicht sehr beträchtlichen Teil der Feuchtigkeit zum Niederschlag. Eine starke Abkühlung jedoch erleiden die warmen Seewinde beim Passieren des hohen, von den Kaskaden und der Sierra Nevada gebildeten Gebirgszuges, besonders in der kälteren Jahreszeit, sodass sie des grössten Teiles ihrer Feuchtigkeit verlustig gehen. Im Sommer jedoch tritt eine Erwärmung auch der höheren Gebirgsregionen ein, sie vermögen daher nur noch wenig kondensierend auf den Wasserdampf der Seewinde einzuwirken, welche nunmehr ihre Feuchtigkeit zum grösseren Teile der westlichen Hochlandszone zuführen.

Tabelle I gibt für eine Anzahl von Orten des Westens der Vereinigten Staaten die mittleren Regenhöhen des Jahres und der einzelnen Monate an [1—3]). Danach beträgt die durchschnittliche Niederschlagsmenge im Jahr mehr als 20 engl. Zoll nur im nördlichen Kalifornien, im westlichen Washington und Oregon, im nördlichen Idaho und in den höchsten Teilen

Tabelle I.

Mittlere Regenhöhen pro Monat und Jahr in englischen Zoll.

Ort	Meereshöhe in Fuss	Geogr. Breite	Geogr. Länge	Beob. Dauer in Jahr.	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Kalifornien-Küste.																	
Crescent City	50	41° 45	124° 12	12	13,1	8,9	9,1	7,1	4,5	2,0	0,4	0,1	1,8	4,4	8,8	13,9	71,0
Fort Humboldt	50	40° 46	124° 10	42	6,6	5,2	5,4	3,5	1,7	0,7	0,1	0,1	0,8	2,1	3,8	7,1	37,1
Mendocino	637	39° 18	123° 48	19	10,0	8,7	7,2	4,5	1,3	0,4	0,1	Spur	0,6	2,8	6,5	9,3	51,5
Fort Ross	—	38° 35	123° 05	22	12,0	6,8	7,3	4,2	1,8	0,7	0,1	„	0,8	2,8	6,8	8,8	52,2
San Francisco	60	37° 48	122° 26	47	5,0	3,5	3,1	1,9	0,7	0,1	Spur	„	0,2	0,9	2,8	5,2	23,4
Santa Cruz	25	36° 58	122° 02	23	5,4	4,0	3,6	2,4	1,0	0,2	„	„	0,5	1,7	3,1	5,3	27,2
Monterey	40	36° 37	121° 52	49	2,9	2,5	2,8	1,5	0,6	0,1	„	„	0,1	0,6	1,5	3,5	16,1
San Louis Obispo	270	35° 18	120° 39	27	4,8	3,6	3,2	1,8	0,3	0,1	„	„	0,2	1,1	1,9	4,4	21,4
Santa Barbara	20	34° 25	119° 40	29	3,8	3,4	2,3	1,3	0,4	0,1	„	„	0,1	0,7	1,7	3,9	17,7
San Diego	150	32° 42	117° 14	46	1,7	1,9	1,4	0,7	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	1,0	2,0	9,7
Inneres.																	
Fort Gaston	397	41° 05	123° 15	31	10,4	8,0	7,4	4,7	1,9	0,8	0,2	0,1	0,8	2,8	7,0	10,5	54,6
Scott Valley	2570	41° 45	123° 02	32	4,9	3,2	2,6	1,8	1,2	0,6	0,5	0,2	0,5	1,2	2,9	5,2	24,7
Yreka	2635	41° 45	122° 32	25	3,5	2,1	1,5	1,1	1,3	0,6	0,5	0,2	0,4	1,1	2,2	3,0	17,5
Redding	565	40° 36	122° 27	22	7,7	4,3	4,8	3,2	2,2	0,5	0,1	0,1	0,6	2,2	3,6	7,1	36,6
Red Bluff	342	40° 10	122° 15	24	4,5	3,5	2,9	2,0	1,2	0,4	0,1	Spur	0,6	1,4	3,0	4,8	24,4

Ort	Meereshöhe in Fuss	Geogr. Breite	Geogr. Länge	Beob. Dauer in Jahr.	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Marysville	69	39° 09	121° 35	25	3,4	2,7	2,3	1,6	0,9	0,3	Spur	Spur	0,3	1,0	2,0	3,7	18,2
Sacramento	64	38° 35	121° 30	47	3,9	2,8	2,9	1,9	0,8	0,1	„	„	0,2	0,7	2,1	4,5	19,9
Stocton	20	37° 58	121° 15	43	2,6	1,9	1,8	1,3	0,6	0,1	„	„	0,2	0,5	1,3	2,9	13,2
Fresno	295	36° 44	119° 48	19	1,5	1,3	1,4	1,2	0,4	0,1	„	„	0,2	0,4	1,0	1,8	9,3
Tulare	289	36° 13	119° 19	22	1,4	1,1	1,1	0,8	0,4	0,1	„	„	0,1	0,3	0,5	1,2	7,0
Sierra Nevada-Region.																	
Folsom City	182	38° 40	121° 10	35	4,7	3,4	3,5	2,3	1,2	0,2	Spur	Spur	0,4	1,1	2,7	4,6	24,1
Shingle Springs	1393	38° 39	120° 55	45	7,2	4,5	5,4	3,0	1,5	0,2	0,2	0,0	0,3	1,2	4,0	7,6	35,1
Placerville	2109	38° 44	120° 48	22	9,0	5,5	7,0	5,3	2,5	0,6	Spur	Spur	0,7	2,3	5,2	8,8	46,9
Grass valley	2448	39° 15	121° 02	24	10,1	7,2	7,5	5,2	2,5	0,6	„	„	0,8	2,5	5,4	9,1	50,9
Nevada City	2500	39° 17	120° 00	33	11,6	7,5	8,3	5,4	2,4	0,6	„	„	0,7	2,2	6,9	11,8	57,4
Bowman Dam	5400	39° 27	120° 34	16	13,6	11,7	10,2	7,7	2,5	0,8	0,2	„	0,6	3,3	7,2	13,3	69,8
Truckee	5819	39° 19	120° 01	26	5,9	5,1	3,7	2,5	1,3	0,4	0,2	„	0,3	0,9	2,4	4,6	27,3
Boca	5531	39° 24	120° 06	26	4,3	3,7	2,6	1,5	0,8	0,1	0,1	„	0,1	0,5	1,3	3,8	18,8
Süd-Kalifornien.																	
Indio	20	33° 49	116° 14	19	1,0	0,5	0,2	Spur	Spur	Spur	Spur	0,2	Spur	0,1	0,2	0,6	2,8
Mohave	2751	35° 03	118° 11	20	0,9	1,0	0,8	0,2	„	0,1	0,1	Spur	0,1	0,2	0,2	1,4	5,0
Los Angeles	330	34° 03	118° 12	24	3,8	3,4	2,5	1,1	0,4	0,1	Spur	0,1	0,1	0,7	1,5	3,6	17,2
San Fernando	1066	34° 16	118° 26	14	2,4	3,2	2,7	1,6	0,4	0,1	„	Spur	0,1	0,7	1,4	3,2	16,0
San Bernardino	452	34° 06	117° 18	25	3,5	2,9	2,6	1,4	0,5	0,1	„	0,2	0,1	0,6	1,5	3,2	16,6

Ort	Meereshöhe in Fuss	Geogr. Breite	Geogr. Länge	Beob. Dauer in Jahr.	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Washington.																	
Neah Bay	40	48° 22	124° 37	15	16,4	12,3	11,7	7,6	5,2	5,0	2,2	2,5	6,9	9,5	14,3	16,4	109,7
Olympia	36	47° 03	122° 53	18	8,1	6,7	5,0	4,0	2,7	1,6	0,7	0,7	2,8	4,7	7,7	9,8	54,5
Ellensburg	1500	47° 00	117° 32	7	1,6	0,7	0,5	0,9	0,9	0,3	0,3	Spur	0,5	0,4	1,4	1,5	9,0
Fort Colville	1963	48° 43	117° 50	13	2,4	1,6	1,6	1,0	1,8	1,5	1,3	0,6	0,6	1,1	1,9	1,8	18,8
Spokane	1909	47° 40	117° 25	15	2,5	1,9	1,4	1,4	1,5	1,6	0,7	0,4	1,0	1,6	1,9	2,7	18,6
Walla Walla	930	46° 02	118° 30	27	1,6	1,4	1,5	1,4	1,7	1,2	0,5	0,3	0,8	1,4	1,7	1,9	15,4
Oregon.																	
Astoria	38	46° 11	123° 48	34	12,3	8,5	9,2	5,7	3,8	3,1	1,2	1,4	3,4	5,6	10,5	12,3	77,0
Portland	80	45° 32	122° 43	27	7,0	5,9	5,5	3,4	2,5	1,8	0,5	0,6	1,6	3,7	6,1	7,6	46,2
Cascade Lockes	150	45° 40	121° 50	16	12,9	9,9	7,2	6,5	3,7	2,6	0,9	0,6	3,7	7,2	9,7	14,4	79,3
The Dalles	106	45° 33	121° 12	28	3,7	2,3	1,9	0,8	0,8	0,5	0,2	0,2	0,9	1,3	2,7	3,6	18,9
Bandow	40	43° 05	124° 30	19	12,6	8,7	7,7	5,9	3,9	1,8	0,6	0,5	2,7	5,2	6,9	12,2	68,7
Roseburg	523	43° 13	123° 20	19	6,3	4,8	3,6	2,7	2,1	1,2	0,4	0,3	1,1	2,7	4,0	6,4	35,6
Fort Clamath	4200	42° 41	121° 50	13	3,3	2,5	2,5	1,6	1,2	0,8	0,4	0,3	0,5	1,6	3,3	3,5	21,5
Camp Harney	4600	43° 00	119° 00	11	1,5	1,1	1,3	1,0	0,9	0,8	0,3	0,2	0,2	0,5	1,4	1,6	10,8
Idaho.																	
Fort Sherman	2198	47° 42	116° 38	13	3,7	2,3	2,2	1,8	2,0	1,4	0,5	0,4	1,3	1,9	3,5	3,5	24,5
Murray	—	47° 33	115° 52	3	6,4	3,0	3,1	2,5	4,4	1,9	0,6	0,8	3,2	2,2	6,6	4,4	39,1
Boise City	2768	43° 34	116° 08	27	2,3	1,4	1,7	1,3	1,6	0,8	0,2	0,2	0,4	0,9	1,3	2,1	14,2
Idaho Falls	4781	43° 30	112° 04	6	2,2	1,7	2,0	1,5	1,2	1,1	0,5	0,6	0,7	1,0	1,2	1,5	15,2

Ort	Meereshöhe in Fuss	Geogr. Breite	Geogr. Länge	Beob. Dauer in Jahr.	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Nevada.																	
Winnemucca	4358	40° 53	117° 50	26	1,2	0,9	1,0	0,9	0,9	0,6	0,1	0,1	0,3	0,6	0,8	1,1	8,5
Pioche	6110	37° 56	114° 26	10	0,9	1,3	1,2	0,9	0,8	0,4	0,5	1,3	0,4	0,5	0,4	2,0	10,6
Wells	5628	41° 07	114° 56	24	1,5	1,0	1,0	0,6	0,8	0,5	0,2	0,2	0,2	0,5	0,8	0,4	7,7
Carson City	4630	39° 10	119° 46	19	2,7	1,4	1,4	0,9	0,6	0,4	0,2	0,2	0,3	0,4	1,5	2,1	12,1
Utah.																	
Salt Lake City	4354	40° 46	111° 54	29	1,6	1,6	2,1	2,0	2,0	1,1	0,9	1,3	1,0	1,6	1,5	2,0	18,8
Losee	—	37° 38	112° 03	4	0,8	1,2	1,3	0,3	0,8	0,2	2,1	1,9	1,2	0,5	0,3	2,5	13,1
Terrace	4548	41° 32	113° 33	22	0,6	0,4	0,5	0,4	0,6	0,2	0,1	0,1	0,3	0,1	0,3	0,7	4,3
Nephi	5056	39° 42	111° 52	3	1,0	1,5	1,4	3,1	1,4	0,6	0,6	1,2	1,1	1,4	3,4	2,5	16,2
Arizona.																	
Yuma	141	32° 44	114° 36	21	0,4	0,5	0,3	Spur	Spur	Spur	0,1	0,3	0,1	0,3	0,3	0,5	2,8
Prescott	5318	34° 33	112° 28	25	1,5	1,6	1,6	0,8	0,6	0,1	2,8	3,0	1,2	0,9	0,9	1,8	16,8
Phoenix	1068	33° 37	112° 02	15	0,6	0,8	0,7	0,3	0,2	0,1	1,0	1,0	0,5	0,4	0,5	1,0	7,1
Fort Apache	5050	33° 48	109° 57	18	1,3	1,9	1,6	0,7	0,6	0,6	3,2	4,1	1,7	1,5	1,1	1,7	20,0
Fort Grant	2000	32° 45	110° 30	21	0,9	1,4	1,0	0,3	0,4	0,5	3,3	3,1	1,8	1,1	0,8	1,4	16,0
Tucson	2404	32° 14	110° 54	21	0,8	1,1	0,9	0,1	0,1	0,2	2,4	2,6	1,1	0,6	0,7	1,1	11,7
Neu-Mexiko.																	
Santa Fé	7026	35° 41	106° 01	37	0,6	0,9	0,7	0,7	0,9	1,1	2,7	2,7	1,6	1,1	0,8	0,8	14,6
Fort Stanton	7500	33° 29	105° 38	19	0,6	0,8	1,0	0,6	1,0	1,7	3,2	3,8	2,1	1,4	0,8	1,0	18,0
Fort Wingate	6982	35° 29	107° 45	30	1,1	1,6	1,0	0,9	0,5	0,6	2,4	2,3	1,3	1,1	0,7	1,0	14,5

Ort	Meereshöhe in Fuss	Geogr. Breite	Geogr. Länge	Beob. Dauer in Jahr.	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Fort Bayard	4450	32° 46	108° 30	20	0,7	1,1	0,5	0,4	0,3	0,6	3,2	2,7	1,8	1,1	0,7	0,8	13,9
Fort Selden	3937	32° 27	106° 55	16	0,3	0.6	0,2	0,1	0,2	0,6	1,6	1,8	1,5	0,9	0,4	0,5	8,6
Albuquerque	5026	35° 05	106° 39	16	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2	1,1	1,0	1,7	0,7	0,8	0,4	0,3	7,2
Colorado.																	
Pikes Peak	14134	38° 50	105° 02	15	1,6	1,5	2,0	3,4	3,8	1,6	4,2	3,8	1,6	1,7	1,9	2,6	29,7
Bleckenridge	11503	39° 29	106° 01	7	2,0	4,4	3,9	3,1	2,7	1,5	2,2	2,0	1,5	1,5	3,2	3,4	31,4
Climax	10304	39° 20	106° 15	6	3,4	4,1	5,0	3,4	3,3	1,3	3,0	2,6	1,3	1,9	2,4	3,1	34,8
Fort Collins	5000	40° 35	105° 02	10	0,7	0,6	0,8	1,7	2,9	1,7	1,8	1,3	0,9	0,9	0,4	0,3	14,0
Denver	5294	39° 45	105° 00	27	0,6	0,5	1,0	2,0	2,7	1,3	1,7	1,4	0,9	0,9	0,7	0,6	14,3
Colorado Springs	6032	38° 51	104° 47	12	0,2	0,3	0,6	1,4	2,4	1,9	3,2	2,2	1,1	0,6	0,3	0,3	14,5
Las Animas	3899	38° 04	103° 12	12	0,3	0,4	0,6	1,1	1,9	1,4	1,6	1,6	0,6	0,5	0,2	0,6	10,8
Wyoming.																	
Fort Washakie	5880	42° 30	108° 53	12	0,6	0,4	1,5	2,1	2,2	1,0	0,8	0,6	0,5	0,8	0,7	0,4	11,6
Cheyenne	6105	41° 08	104° 48	27	0,4	0,4	0,8	1,5	2,3	1,5	1,9	1,6	1,0	0,7	0,3	0,3	12,7
Montana.																	
Havre	2472	48° 32	109° 42	16	0,9	0,5	0,5	1,0	1,7	3,1	2,1	1,4	1,2	0,6	0,7	0,5	14,2
Fort Keogh	2372	46° 22	105° 56	19	0,6	0,5	0,6	1,1	2,2	2,8	1,2	0,9	0,8	1,0	0,5	0,4	12,6
Fort Maginnis	4310	47° 10	109° 06	7	1,8	1,3	1,6	1,2	1,5	2,9	0,9	1,4	1,4	1,1	0,8	0,7	16,7
Virginia City	5600	45° 10	112° 00	16	0,6	0,6	1,0	1,2	2,7	2,3	1,4	1,2	1,3	0,8	0,7	0,8	14,6
Helena	4069	46° 34	112° 04	8	1,6	0,6	0,5	1,4	1,4	2,5	1,1	0,9	1,5	1,1	0,5	1,2	14,3

Ort	Meereshöhe in Fuss	Geogr. Breite	Geogr. Länge	Beob. Dauer in Jahr.	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Nord-Dakota.																	
Fort Buford	1900	48° 00	103° 55	29	0,6	0,5	0,6	1,2	2,4	2,8	1,7	1,2	0,8	0,8	0,6	0,6	13,8
Bismarck	1677	46° 47	100° 38	22	0,6	0,6	1,1	2,3	2,5	3,5	2,3	2,0	1,2	1,0	0,8	0,6	18,5
Süd-Dakota.																	
Fort Sully	1600	44° 39	100° 39	25	0,5	0,4	1,2	2,1	2,6	3,3	2,7	1,9	0,9	0,7	0,4	0,5	17,2
Fort Meade	3624	44° 26	103° 28	16	0,8	0,5	1,4	2,8	3,5	3,3	1,9	1,7	0,6	0,9	0,7	0,6	18,7
Yankton	1232	42° 54	97° 28	20	0,6	0,8	1,2	3,3	4,0	4,1	3,5	3,0	2,6	1,3	0,6	0,8	25,8
Nebraska.																	
North Platte	2841	41° 08	100° 45	29	0,4	0,4	0,7	2,1	3,0	3,5	2,5	2,3	1,5	0,8	0,4	0,5	18,1
Genoa	1585	41° 25	97° 40	21	0,9	0,8	1,2	2,9	4,1	4,5	3,9	2,5	2,8	1,5	0,8	0,9	26,8
Kansas.																	
Dodge City	2512	37° 45	100° 00	22	0,4	0,6	0,9	1,8	3,1	3,3	3,2	2,8	1,3	1,3	0,5	0,6	19,8
Lawrence	849	38° 58	95° 14	31	1,2	1,4	2,3	3,2	4,6	5,0	4,7	3,9	3,5	2,7	1,8	1,6	35,9
Independence	794	37° 13	95° 41	25	1,6	2,0	2,2	3,7	4,6	4,9	4,2	3,0	3,7	2,7	1,8	2,3	36,7
Oklahoma.																	
Fort Sill	1200	34° 40	98° 23	24	1,2	1,2	1,5	2,7	4,4	3,7	2,9	2,2	2,8	2,7	1,5	1,9	29,7
Indian. Territ.																	
Fort Gibson	510	35° 50	95° 20	29	2,1	2,2	2,5	4,1	4,5	3,9	2,7	2,8	2,7	3,4	2,9	2,1	35,9

Ort	Meereshöhe in Fuss	Geogr. Breite	Geogr. Länge	Beob. Dauer in Jahr.	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Texas.																	
Fort Elliott	2650	35° 30	100° 21	11	0,6	0,5	0,6	2,6	4,4	3,2	2,3	3,3	1,8	2,5	0,6	0,7	23,1
Silver Falls	3800	33° 35	101° 06	7	0,8	1,0	0,4	2,1	1,5	2,2	2,2	2,2	1,6	1,8	0,8	0,6	16,4
El Paso	3796	31° 47	106° 30	33	0,4	0,5	0,3	0,1	0,3	0,5	1,6	1,9	1,6	0,8	0,5	0,4	8,9
Fort Davis	4928	30° 38	103° 56	20	0,5	0,4	0,4	0,6	1,0	1,7	3,3	3,8	3,0	1,4	0,5	0,4	18,1
Rio Grande City	230	26° 27	98° 47	35	1,1	0,9	0,9	1,2	2,5	2,5	1,4	2,6	3,4	1,9	0,9	1,0	20,3
Austin	650	30° 17	97° 44	30	2,2	2,4	2,5	3,0	4,2	2,7	1,8	2,7	4,2	2,7	2,7	2,3	33,4
Galveston	44	29° 18	94° 47	26	3,6	3,0	2,9	2,8	3,7	4,9	3,1	5,3	6,0	4,2	4,3	3,9	47,7
Corsicana	445	32° 04	96° 27	17	3,1	2,7	2,8	4,3	5,4	3,3	2,4	1,9	2,6	2,5	3,6	2,9	37,5

des Felsengebirges. Im allgemeinen ist der Regenfall um so grösser, je höher der betreffende Ort liegt.

Ferner ersehen wir aus Tabelle I die Verteilung der durchschnittlichen jährlichen Niederschlagsmengen, die mittleren Regenhöhen der einzelnen Monate. Die Art der zeitlichen Verteilung des jährlichen Regenfalls ist für die Frage der künstlichen Bewässerung ausserordentlich wichtig. Fällt die Hauptregenmenge in der Vegetationszeit oder kurz vor derselben, so kann sie natürlich dem Ackerbau in hohem Masse nutzbar gemacht werden; fällt sie dagegen im Herbst oder zeitig im Winter, so geht sie zum grössten Teil durch Verdunstung und Versickerung verloren, und es müssen dann in der Wachstumsperiode weit grössere Wassermassen künstlich zugeführt werden als im ersteren Falle.

Die mittlere jährliche Regenhöhe schwankt in Kalifornien zwischen 71 engl. Zoll im Nord-Westen (Crescent City) und 2,8 Zoll im Süden (Indio). Fast der ganze Regen fällt in der Zeit vom November bis April, am niederschlagsreichsten sind die Monate Dezember, Januar, Februar. Im Sommerhalbjahr, gerechnet von Anfang April bis Ende September, variiert der mittlere Regenfall von 12,53 Zoll im Nordwesten bis 0,14 Zoll im Süden.

Der westlich von den Kaskaden liegende Teil von Washington und Oregon hat ebenfalls eine ausgesprochene Regenzeit im Winter und Trockenperiode im Sommer. Östlich der Kaskaden ist die Verteilung eine gleichmässigere, nur die Monate Juli, August und September sind fast regenlos. Die mittlere Regenhöhe des Jahres sinkt von beinahe 110 Zoll ziemlich bis auf 10 Zoll herab, die der Vegetationszeit (April bis September) von 27 auf 3 Zoll.

In Idaho variiert das Jahresmittel von mehr als 40 Zoll in den über 3000 Fuss hohen Teilen des Gebirges (Station Murray) bis 14,2 Zoll in Boise City, das Mittel der Vegetationsperiode von 13,4 bis 4,5 Zoll. Die zeitliche Verteilung des

Niederschlages ist der im östlichen Washington und Oregon analog.

Auch in Nevada sind die Monate Juli, August und September die regenärmsten, und die Verteilung der Regenmenge gehört demselben Typus an wie in den eben erwähnten Staaten, aber die Verhältnisse liegen hier insofern viel ungünstiger, als der jährliche Regenfall ausserordentlich gering ist. Soweit die durchschnittliche Regenhöhe bekannt ist, schwankt sie zwischen 12,1 Zoll in Carson City und 5,17 Zoll in Reno, während das Mittel für die sechs Sommermonate im Maximum nur 2,55 Zoll (in Wells) und im Minimum 0,73 Zoll (in Reno) beträgt.

Die mittlere jährliche Regenhöhe Utahs variiert zwischen 18,8 Zoll in Salt Lake City und 4,3 Zoll in Terrace, in der nordwestlichen Ecke des Staates; die Grenzen der durchschnittlichen Niederschlagsmenge in der Vegetationszeit sind 8,3 Zoll (in Salt Lake City) und 1,7 Zoll (in Terrace). Die Verteilung des Regenfalls weicht nicht wesentlich von der in Idaho und Nevada vorherrschenden ab. Die regenreichsten Monate sind März, April, Mai und Dezember, die regenärmsten Juni, Juli und September. Nur im südlichen Utah, das in der Tabelle durch die Station Losee vertreten wird, gestaltet sich die Verteilung ähnlich wie in dem angrenzenden Arizona, indem die Hauptvegetationsmonate April, Mai und Juni die geringsten, Juli und August relativ sehr hohe Niederschlagsmengen aufweisen.

In Arizona und Neu-Mexiko entspricht die Regenhöhe ziemlich genau der Höhenlage. In der das südwestliche Drittel Arizonas bildenden grossen Ebene sind die Niederschlagsmengen ausserordentlich gering, so in Yuma nur 2,8 Zoll und im Tale des Salt River bei der Hauptstadt Phoenix 7,1 Zoll. Dagegen beträgt die Regenhöhe auf den Hochplateaus, die die nordöstliche Hälfte des Territoriums einnehmen, 16—20 Zoll. Neu-Mexiko und die Westspitze von Texas, welche sich zwischen Mexiko und Neu-Mexiko ein-

schiebt, weisen in der Höhenlage und damit auch in der Niederschlagsmenge weniger grosse Unterschiede auf. Im allgemeinen liegt die Regenhöhe zwischen 10 und 20 Zoll; niedriger, nämlich 7—9 Zoll, ist sie jedoch im Tale des Rio Grande, wie die Angaben für Albuquerque, Fort Selden und El Paso (in Texas) anzeigen.

Die Regenverteilung ist für landwirtschaftliche Zwecke äusserst ungünstig, denn die ohnehin nicht reichlichen Niederschlagsmengen fallen zum grossen Teil im Juli und August, d. h. zu einer Zeit, in der sie für die meisten Feldfrüchte wertlos sind. Eine zweite Regenperiode umfasst die Zeit von Dezember bis März; am trockensten sind die Monate Mai-Juni und Oktober-November.

Die das Felsengebirge umfassenden und sich östlich von ihm ausdehnenden Staaten Colorado, Wyoming und Montana haben die günstigsten Regenverhältnisse von allen Staaten und Territorien der ariden Zone. Freilich bleiben, mit Ausnahme des hohen Gebirges, die Regenhöhen auch hier beträchtlich unter 20 Zoll, denn in der Region der Ebenen und der Ausläufer des Gebirges betragen sie in Colorado im Mittel 11—14 Zoll, in Wyoming ungefähr 12 und in Montana 14 Zoll. Aber 70—80 Prozent der gesamten jährlichen Niederschlagsmenge fallen im Sommerhalbjahr, und etwa ein Drittel des jährlichen Niederschlags erfolgt in Colorado und Wyoming in den beiden Monaten April und Mai, und in Montana im Mai und Juni. Der durchschnittliche Regenfall der Vegetationszeit beträgt 8—10 Zoll.

Für die Gebirgsregion sind in Montana und Wyoming längere Rekords noch nicht vorhanden. Im Yellowstone Park beläuft sich der siebenjährige Durchschnitt auf 20 Zoll, und daraus folgert Alfred J. Henry[1]), Abteilungschef im Wetterbureau zu Washington, dass der jährliche Regenfall im Gebirge in Wyoming zu 25 Zoll anzunehmen sei.

Wesentlich grösser (gegen 30 Zoll) ist die Regenhöhe in dem zu Colorado gehörenden Teile des Felsengebirges, wie

die Beobachtungen in Climax, Bleckenridge und auf Pikes Peak in Tabelle I zeigen. Die Niederschläge erfolgen zum grössten Teile in Form von Schnee in der Zeit vom Dezember bis April-Mai, durch starken Regenfall zeichnen sich Juli und August aus.

In der semiariden Region ist der Sommer reicher an Niederschlägen als der Winter, das Maximum weist im allgemeinen der Juni auf, während Dezember, Januar und Februar die an Regen ärmsten Monate sind. Infolge der günstigen Verteilung reichen die Niederschlagsmengen in manchen Jahren aus, um eine gedeihliche Entwicklung der Kulturpflanzen zu sichern, während in Jahren spärlichen Regenfalls künstlich bewässert werden muss.

Damit kommen wir zu einem andern wichtigen Punkte, der bei einer Untersuchung über die Beziehungen der künstlichen Bewässerung zu den Niederschlagsverhältnissen sehr beachtet werden muss, zu der Frage, wie sich die Regenhöhen der einzelnen Jahre zu dem aus einer längeren Reihe von Jahren ermittelten Durchschnitte verhalten. Die Mittelzahlen allein geben noch keinen absolut sicheren Aufschluss über die Wassermengen, die einem Orte aus der Atmosphäre wirklich zugeführt wird, es kann vielmehr vorkommen, dass die Mittelzahlen auch nicht für ein einziges Jahr der Beobachtungsreihe typisch sind. Der Farmer muss aber in jedem einzelnen Jahre und in jeder neuen Vegetationsperiode gerade mit der in diesem Jahre, in dieser Vegetationsperiode fallenden Regenmenge rechnen, — er müsste denn imstande sein, ohne grosse Kosten die künstliche Wasserzufuhr beliebig auszudehnen, — und daher sind auch die Abweichungen der Regenmengen von dem berechneten Mittel, in erster Linie die Abweichungen nach unten hin, in Betracht zu ziehen. In regenarmen Gebieten sind die Schwankungen der jährlichen Niederschlagsmengen natürlich weit fühlbarer als in regenreichen Distrikten; einige Zoll mehr in der Regenhöhe des Jahres retten im Westen unter Umständen

Tabelle II.

Regenfall in der Vegetationszeit und im ganzen Jahr in engl. Zoll.

Mittel, Maximum, Minimum.

Ort	Beob. Dauer in Jahr.	April bis September			Jahr		
		Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.
Kalifornien Küste.							
Crescent City	6	12,53	19,14	9,60	70,16	80,25	58,40
Mendocino	20	6,56	17,33	2,40	50,18	75,40	25,90
Fort Humboldt	28	6,90	—	—	37,10	60,40	21,90
San Francisco	42	2,95	11,18	0,26	24,08	38,82	11,93
Fort Ross	17	7,29	19,72	1,96	49,76	88,17	23,61
Santa Cruz	17	3,80	9,80	2,33	25,81	44,82	18,87
Monterey	44	2,35	6,08	0,94	16,48	26,47	8,16
San Louis Obispo	21	2,53	9,30	0,00	21,53	49,99	12,31
Santa Barbara	23	1,92	5,73	0,00	18,19	38,82	8,16
San Diego	41	1,39	5,39	0,18	9,86	27,59	3,02
Inneres.							
Fort Gaston	40	7,48	17,59	3,54	55,44	70,99	34,87
Scott Valley	42	4,62	8,57	1,05	25,18	36,96	14,77
Yreka	20	3,64	7,40	1,05	16,34	24,35	9,31
Redding	17	5,94	11,05	0,39	34,60	62,26	18,18
Red Bluff	19	3,92	8,09	0,23	23,79	48,96	12,67
Marysville	20	2,80	8,22	0,57	18,09	33,74	11,17
Sacramento	42	2,15	14,96	0,36	19,80	34,92	8,20
Stocton	25	2,14	7,37	0,29	13,18	22,62	3,08
Fresno	14	1,90	5,25	0,78	9,02	17,94	5,87
Tulare	17	1,49	2,82	0,00	7,00	13,61	4,18
Sierra Nevada Region.							
Folsom City	20	3,84	13,45	0,09	23,33	34,85	8,52
Shingle Springs	26	5,21	15,90	0,40	35,26	67,67	18,30
Placerville	17	8,76	21,47	4,03	45,17	74,11	32,34
Nevada City	44	8,43	28,27	3,65	56,72	102,85	30,03
Grassvalley	19	8,51	29,63	3,28	50,33	79,05	27,42
Bowman Dam	17	11,83	40,62	4,95	71,21	119,64	43,42
Truckee	21	4,08	15,40	1,91	26,41	43,81	8,85
Boca	21	2,19	7,70	0,00	16,92	28,60	2,42

Ort	Beob. Dauer in Jahr.	April bis September			Jahr		
		Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.
Süd-Kalifornien.							
Indio	14	0,14	0,95	0,00	2,55	6,93	0,12
Mohave	14	0,50	1,36	0,00	5,30	15,96	0,24
Los Angeles	19	1,85	5,30	0,12	18,31	40,39	5,53
San Fernando	14	2,33	4,53	0,44	16,43	37,02	5,30
San Bernardino	21	2,42	9,44	0,12	17,16	37,08	5,46
Washington.							
Neah Bay	17	26,91	30,80	18,05	107,27	136,16	79,13
Olympia	12	12,00	15,79	8,99	55,98	73,44	35,58
Fort Colville	21	3,77	9,26	0,45	17,22	32,83	3,66
Spokane	5	5,44	6,73	2,59	11,60	11,26	9,51
Walla Walla Fort	18	4,88	14,93	1,60	17,29	40,67	5.29
Oregon.							
Astoria	39	17,79	26,60	7,80	76,65	100,42	49,38
Portland	20	10,38	15,27	6,69	49,99	67,24	33,50
The Dalles	13	2,94	4,97	0,83	16,55	26,40	11,95
Bandow	10	12,95	19,19	7,22	62,91	81,79	48,53
Fort Klamath	19	4,70	6,13	2,32	22,59	30,06	11,94
Camp Harrey	14	3,41	4,57	0,99	10,87	18,32	6,31
Idaho.							
Boise City	27	4,5	9,1	2,0	14,2	21,3	8,6
Fort Lapwai	12	6,4	10,6	2,4	16,73	24,22	10,33
Fort Sherman	13	7,4	—	—	24,5	38,0	14,1
Murray	3	13,4	—	—	39,1	43,1	29,8
Idaho Falls	6	5,6	—	—	15,2	21,3	8,6
Nevada.							
Winnemucca	21	2,45	5,89	0,82	8,31	18,38	3,48
Wells	21	2,55	5,99	0,25	8,92	17,26	3,40
Carson City	16	2,21	5,25	1,08	11,25	17,82	6,95
Reno	21	0,73	3,00	0,05	5,17	6,70	2,75
Utah.							
Salt Lake City	29	8,3	23,3	2,2	18,8	38,0	10,2
Terrace	22	1,7	4,8	0,00	4,3	10,0	0,7
Ogden	23	4,9	9,9	0,5	13,46	20,69	6,54
Corrinne	23	4,1	8,7	2,0	11,58	18,95	5,41
Promontory	27	3,4	9,0	0,3	7,61	14,67	3,30
Camp Douglas	23	4,1	8,7	2,0	17,41	28,00	6,73

Ort	Beob. Dauer in Jahr.	April bis September			Jahr		
		Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.
Arizona.							
Yuma	16	0,44	2,53	0,00	3,06	5,86	0,74
Prescott	20	8,82	14,36	4,83	17,06	26,75	10,02
Phoenix	15	2,92	6,48	0,58	7,38	12,83	3,77
Fort Apache	15	11,81	21,69	5,98	21,04	31,12	12,50
Fort Grant	18	10,24	15,94	4,34	16,85	25,67	9,21
Tucson	16	6,97	12,64	2,40	12,11	18,37	5,26
Neu-Mexiko.							
Santa Fé	37	9,7	18,4	4,6	14,6	24,9	7,8
Fort Stanton	19	12,4	22,8	5,4	18,0	28,8	11,3
Fort Wingate	30	8,0	14,2	1,7	14,5	26,1	6,4
Fort Bayard	20	9,0	—	—	13,9	20,3	5,7
Albuquerque	23	4,96	13,60	2,25	7,19	16,30	3,78
Fort Selden	16	5,72	8,45	2,65	8,57	12,60	3,49
Colorado.							
Pikes Peak	16	19,05	28,91	5,42	28,65	42,87	9,28
Fort Collins	19	9,83	12,90	6,04	13,75	14,48	9,70
Denver	27	10,0	14,7	5,6	14,3	21,5	8,5
Colorado Springs	12	12,2	16,7	7,1	14,5	18,5	8,6
Fort Lyon	17	9,1	15,8	4,3	11,07	16,97	4,54
Fort Garland	20	8,8	33,6	1,4	12,74	42,34	3,15
Las Animas	12	8,2	—	—	10,8	15,8	3,8
Wyoming.							
Cheyenne	27	9,8	17,3	3,9	12,7	20,8	5,0
Laramie	21	8,9	29,0	1,3	13,38	31,42	2,38
Fort Washakie	12	7,2	—	—	11,6	20,2	5,2
Montana.							
Helena	15	7,9	13,0	3,8	14,27	19,94	10,32
Fort Assiniboine	16	10,5	22,9	5,2	—	—	—
Fort Keogh	19	9,0	18,3	5,6	—	—	—
Havre	16	9,5	—	—	14,2	25,5	9,8
Fort Maginnis	7	10,3	—	—	16,7	26,0	9,0
Virginia City	16	10,1	—	—	14,6	22,4	7,1
Nord-Dakota.							
Fort Buford	29	10,1	17,8	4,4	13,8	23,3	7,3
Bismarck	22	13,8	23,4	7,7	18,5	31,0	11,2

Ort	Beob. Dauer in Jahr.	April bis September			Jahr		
		Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.
Süd-Kalifornien.							
Indio	14	0,14	0,95	0,00	2,55	6,93	0,12
Mohave	14	0,50	1,36	0,00	5,30	15,96	0,24
Los Angeles	19	1,85	5,30	0,12	18,31	40,39	5,53
San Fernando	14	2,33	4,53	0,44	16,43	37,02	5,30
San Bernardino	21	2,42	9,44	0,12	17,16	37,08	5,46
Washington.							
Neah Bay	17	26,91	30,80	18,05	107,27	136,16	79,13
Olympia	12	12,00	15,79	8,99	55,98	73,44	35,58
Fort Colville	21	3,77	9,26	0,45	17,22	32,83	3,66
Spokane	5	5,44	6,73	2,59	11,60	11,26	9,51
Walla Walla Fort	18	4,88	14,93	1,60	17,29	40,67	5.29
Oregon.							
Astoria	39	17,79	26,60	7,80	76,65	100,42	49,38
Portland	20	10,38	15,27	6,69	49,99	67,24	33,50
The Dalles	13	2,94	4,97	0,83	16,55	26,40	11,95
Bandow	10	12,95	19,19	7,22	62,91	81,79	48,53
Fort Klamath	19	4,70	6,13	2,32	22,59	30,06	11,94
Camp Harrey	14	3,41	4,57	0,99	10,87	18,32	6,31
Idaho.							
Boise City	27	4,5	9,1	2,0	14,2	21,3	8,6
Fort Lapwai	12	6,4	10,6	2,4	16,73	24,22	10,33
Fort Sherman	13	7,4	—	—	24,5	38,0	14,1
Murray	3	13,4	—	—	39,1	43,1	29,8
Idaho Falls	6	5,6	—	—	15,2	21,3	8,6
Nevada.							
Winnemucca	21	2,45	5,89	0,82	8,31	18,38	3,48
Wells	21	2,55	5,99	0,25	8,92	17,26	3,40
Carson City	16	2,21	5,25	1,08	11,25	17,82	6,95
Reno	21	0,73	3,00	0,05	5,17	6,70	2,75
Utah.							
Salt Lake City	29	8,3	23,3	2,2	18,8	38,0	10,2
Terrace	22	1,7	4,8	0,00	4,3	10,0	0,7
Ogden	23	4,9	9,9	0,5	13,46	20,69	6,54
Corrinne	23	4,1	8,7	2,0	11,58	18,95	5,41
Promontory	27	3,4	9,0	0,3	7,61	14,67	3,30
Camp Douglas	23	4,1	8,7	2,0	17,41	28,00	6,73

Ort	Beob. Dauer in Jahr.	April bis September			Jahr		
		Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.
Arizona.							
Yuma	16	0,44	2,53	0,00	3,06	5,86	0,74
Prescott	20	8,82	14,36	4,83	17,06	26,75	10,02
Phoenix	15	2,92	6,48	0,58	7,38	12,83	3,77
Fort Apache	15	11,81	21,69	5,98	21,04	31,12	12,50
Fort Grant	18	10,24	15,94	4,34	16,85	25,67	9,21
Tucson	16	6,97	12,64	2,40	12,11	18,37	5,26
Neu-Mexiko.							
Santa Fé	37	9,7	18,4	4,6	14,6	24,9	7,8
Fort Stanton	19	12,4	22,8	5,4	18,0	28,8	11,3
Fort Wingate	30	8,0	14,2	1,7	14,5	26,1	6,4
Fort Bayard	20	9,0	—	—	13,9	20,3	5,7
Albuquerque	23	4,96	13,60	2,25	7,19	16,30	3,78
Fort Selden	16	5,72	8,45	2,65	8,57	12,60	3,49
Colorado.							
Pikes Peak	16	19,05	28,91	5,42	28,65	42,87	9,28
Fort Collins	19	9,83	12,90	6,04	13,75	14,48	9,70
Denver	27	10,0	14,7	5,6	14,3	21,5	8,5
Colorado Springs	12	12,2	16,7	7,1	14,5	18,5	8,6
Fort Lyon	17	9,1	15,8	4,3	11,07	16,97	4,54
Fort Garland	20	8,8	33,6	1,4	12,74	42,34	3,15
Las Animas	12	8,2	—	—	10,8	15,8	3,8
Wyoming.							
Cheyenne	27	9,8	17,3	3,9	12,7	20,8	5,0
Laramie	21	8,9	29,0	1,3	13,38	31,42	2,38
Fort Washakie	12	7,2	—	—	11,6	20,2	5,2
Montana.							
Helena	15	7,9	13,0	3,8	14,27	19,94	10,32
Fort Assiniboine	16	10,5	22,9	5,2	—	—	—
Fort Keogh	19	9,0	18,3	5,6	—	—	—
Havre	16	9,5	—	—	14,2	25,5	9,8
Fort Maginnis	7	10,3	—	—	16,7	26,0	9,0
Virginia City	16	10,1	—	—	14,6	22,4	7,1
Nord-Dakota.							
Fort Buford	29	10,1	17,8	4,4	13,8	23,3	7,3
Bismarck	22	13,8	23,4	7,7	18,5	31,0	11,2

Ort	Beob. Dauer in Jahr.	April bis September			Jahr		
		Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.
Süd-Dakota.							
Fort Sully	25	13,5	21,4	7,5	17,2	24,0	12,1
Fort Meade	16	13,8	20,3	8,9	18,7	27,1	13,1
Yankton	20	20,5	32,3	11,3	25,8	40,9	19,8
Nebraska.							
North Platte	29	14,9	21,7	11,0	18,1	30,1	10,1
Genoa	21	20,7	30,1	11,1	26,8	37,5	15,4
Kansas.							
Dodge City	22	15,5	27,6	9,0	19,8	33,7	10,1
Lawrence	31	24,9	38,6	15,7	35,9	47,2	24,2
Independence	25	24,1	36,4	16,9	36,7	55,0	26,6
Manhattan	35	22,5	36,4	10,2	30,17	45,86	15,17
Oklahoma.							
Fort Sill	24	19,7	31,3	8,0	29,7	48,5	17,1
Indian.-Territ.							
Fort Gibson	29	20,7	34,7	9,7	35,9	55,8	18,8
Texas.							
Fort Elliott	11	17,9	—	—	23,1	36,9	15,5
Silver Falls	7	11,8	—	—	16,4	19,8	10,5
El Paso	33	6,0	14,8	1,1	8,9	21,9	2,8
San Antonio	26	17,8	27,2	4,9	33,31	41,91	20,13
Austin	30	18,6	32,0	9,3	33,4	51,9	18,4
Fort Clark	27	14,9	30,0	4,1	22,06	34,42	13,56

die ganze Ernte, während sie an der atlantischen Küste vielleicht überhaupt nicht merkbar auf das Pflanzenwachstum einwirken.

In Tabelle II sind die Mittel, Maxima und Minima der Regenhöhen für das Jahr und die sechsmonatliche Vegetationszeit im westlichen Teile der Vereinigten Staaten zusammengestellt. Schon ein flüchtiger Überblick über die zusammengehörigen drei Kolumnen zeigt, dass die Differenzen fast ganz allgemein recht beträchtlich sind. So verhalten sich zum Beispiel:

Tabelle III.

Die jährlichen Regenhöhen			
in	Min.	Mittel	Max.
San Francisco, Kalifornien	1	2,1	3,3
Stocton, „	1	4,3	7,3
Los Angeles, „	1	3,3	7,3
Spokane, Washington	1	1,19	1,23
Walla Walla, Washington	1	3,3	7,7
Camps Harney, Oregon	1	1,7	2,9
Boise City, Idaho	1	1,7	2,5
Reno, Nevada,	1	1,9	2,4
Salt Lake City, Utah	1	1,8	3,7
Phoenix, Arizona	1	2,0	3,4
Santa Fé, Neu-Mex.	1	1,9	3,2
Pikes Peak, Colorado	1	3,1	4,6
Denver, Colorado	1	1,7	2,6
Cleyenne, Wyoming	1	2,5	4,2
Helena, Montana	1	1,4	1,9
Bismarck, Nord-Dakota	1	1,7	2,8
Fort Sully, Süd-Dakota	1	1,4	2,0
North Platte, Nebraska	1	1,8	3,0
Dodge City, Kansas	1	1,7	3,1
El Paso, Texas	1	3,2	7,8

Nun sind freilich diese beträchtlichen Differenzen von geringer Bedeutung an den Orten, deren Regenfall überhaupt sehr gering ist. Ob in Yuma, an der Grenze von Arizona und Süd-Kalifornien, 0,74 (Minimum), 3,06 (Mittel) oder 5,86 (Maximum) Zoll jährlich fallen, und im Sommerhalbjahr 0,00 oder 0,44 oder 2,53 Zoil, ist nahezu gleichgiltig, der Ackerbau kann sich bei solch geringen Niederschlagsmengen doch ausschliesslich nur auf Wasserzufuhr durch Menschenhand stützen. Dagegen können in Distrikten mit grösseren, aber immer noch unzureichenden mittleren Niederschlagsmengen, in denen vielleicht Wasser zur künstlichen Versorgung nur spärlich zu Gebote steht, mehr oder minder grosse Abweichungen vom Durchschnitt

den Ertrag ganz erheblich in günstigem oder ungünstigem Sinne beeinflussen.

Der semiariden Region haben die grossen Schwankungen in den Regenhöhen der verschiedenen Jahre schon viel Unheil gebracht. Einige aufeinanderfolgende regenreiche Jahre locken rasch Ansiedler herbei, die natürliche Feuchtigkeit reicht hin, gute Ernten zu erzielen. Plötzlich kommen dann wieder ein oder mehrere regenarme Jahre, und da die Neueingewanderten natürlich keine Vorkehrungen zu künstlicher Bewässerung getroffen haben und auf einem grossen Teile der Farmen, welche früher künstlich bewässerten, die Kanäle, Schleusen, Wehre oder selbst die Windmotore verfallen oder schadhaft sind, weil sie längere Zeit unbenutzt waren, so ist allgemeine Dürre und teilweise Wiederauswanderung die Folge.

Die Bedeutung der jährlichen Regenhöhe für das Pflanzenwachstum ist schliesslich auch von der Zahl der Regentage und der durchschnittlichen Menge des auf einmal niedergehenden Wassers sehr abhängig. Fällt die Hauptregenmenge in vereinzelten, aber sehr heftigen und vielleicht sogar wolkenbruchartigen Niederschlägen, so vermag der Boden in der kurzen Zeit nur einen verschwindenden Teil aufzusaugen, fast die gesamte Wassermenge geht durch Abfliessen verloren. Ist im Gegensatz dazu die Anzahl der Regentage gross, aber der Betrag des Niederschlags sehr gering, so ist ebenfalls die Ausnutzung der natürlichen Feuchtigkeit durch die Pflanzen nur im beschränkten Masse möglich, denn die kleine Wassermenge wird von der obersten Bodenschicht absorbiert, ehe sie in den Bereich der Wurzeln gelangen kann, und fällt bald wieder der Verdunstung anheim. Nach nicht zu langen Pausen sich wiederholende, ruhige Regenschauer mit mässigen Feuchtigkeitsmengen stellen die erwünschteste Art der natürlichen Wasserzuführung dar.

Von diesem Ideal ist das westliche Nordamerika nun freilich weit entfernt, denn etwa ein Drittel des ganzen Niederschlages geht in heftigen Regengüssen, von mehr als 0,75 Zoll

täglich, nieder. Nach einem Berichte des Wetterbureaus in Washington brachte im August 1890 ein Hagel- und Regensturm in Colorado Springs in Colorado 3,18 Zoll Regen, davon 2,75—3 Zoll in 30 Minuten. In Südkalifornien stürzten im Oktober 1889 bei Encinitas in 8 Stunden 7,58 Zoll Regen nieder, in Los Angeles fielen in 8½ Stunden 3,16 Zoll und drei Tage darauf nochmals 1,87 Zoll. Und Herbert M. Wilson[4]) führt an, dass der Salt River in Arizona, der im jährlichen Durchschnitt in der Sekunde gegen 1000 Kubikfuss und in der Flutzeit vielleicht 10000 Kubikfuss Wasser in den Gila ergiesst, im Frühling des Jahres 1891 infolge eines einzigen grossen Wolkenbruches, der in seinem oberen Zuflussgebiete erfolgte, auf nahezu 300000 Kubikfuss per Sekunde anschwoll.

Aus der Statistik des Wetterbureaus geht ferner hervor, dass die wasserreichen, heftigen Niederschläge in ihrer grösseren Zahl im Juli-August und weiterhin im September und Oktober erfolgen, dass heisst, zu einer Jahreszeit, die für die Nutzbarmachung der Wassermenge durch Aufstauen und Aufbewahren bis zur Vegetationszeit die allergünstigste ist, denn ein ganz unverhältnissmässig grosser Teil wird durch die Verdunstung entführt.

Die Verdunstung.

Ein beträchtlicher Teil der dem Boden durch die Niederschläge zugeführten Wassermenge geht ihm durch Verdunstung wieder verloren. In Gebieten spärlichen Regenfalls kann daher der Verdunstungsvorgang einen nicht zu unterschätzenden Einfluss auf das Pflanzenwachstum ausüben und verdient eingehende Berücksichtigung. Im regenarmen nordamerikanischen Westen vereinigen sich alle klimatischen Faktoren dazu, die Verdunstung möglichst intensiv zu gestalten: hohe Sommertemperatur, niedrige relative Feuchtigkeit der Luft, hohe Intensität der Sonnenstrahlen und starke Winde. Deshalb ist die in die Atmosphäre entführte Wassermenge sehr gross, leider sind aber die Messungen der Verdunstung noch

wenig zahlreich, auch sind sie nicht überall nach einheitlichem Plane durchgeführt. Übrigens wird nicht die wirkliche sondern vielmehr die auf einer freien Wasserfläche mögliche Verdunstung gemessen, Eine Wasserfläche verdunstet nicht gerade die gleiche Menge wie eine Ackerfläche, und hier hängt die Höhe der Verdunstung wieder von den Bodenverhältnissen ab, ferner von dem Vorhandensein oder Fehlen einer Vegetation und von der Pflanzenart. So gibt zum Beispiel ein feuchter Boden mehr Feuchtigkeit an die Atmosphäre ab, als eine Wasserfläche; hat jedoch die Bodenoberfläche einen bestimmten Grad der Trockenheit erreicht, so ist die Verdunstung geringer als auf dem Wasser.

Das Wetterbureau gibt die mittlere Höhe der jährlich von der freien Wasserfläche möglichen Verdunstung für die sechs südwestlichen Staaten und Territorien, wie folgt an:

Tabelle IV.

Staat	Mittlere Höhe der möglichen Verdunstung pro Jahr
Kalifornien	67 englische Zoll
Utah	68 „ „
Colorado	69 „ „
Neu-Mexiko	78 „ „
Arizona	80 „ „
Nevada	90 „ „

In Utah, Colorado, Neu-Mexiko und Nevada ist die mögliche Höhe der Verdunstung für den ganzen Staat ziemlich dieselbe; in Arizona dagegen variiert sie von 55 Zoll bei dem hochgelegenen Prescott bis gegen 100 Zoll im südwestlichen Teile des Territoriums, und in Kalifornien gar von etwa 37 Zoll unmittelbar an der Küste bis über 100 Zoll an der Grenze von Arizona.

Tabelle V.

Höhe der Verdunstung von einer Wasserfläche in engl. Zoll.

Ort	Jahr	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Phoenix, Arizona	1901	.	.	.	.	8,28	9,42	11,29	6,55	7,08	4,81	2,05	.	65,63
" "	Dez. 1901 und Jan. b. Apr. 1902	16,15												
Logan, Utah	1899	.	.	.	.	5,83	7,09	9,77	8,77	7,05	4,02	1,12	1,01	
" "	1900	0,8	1,85	2,68	3,12	4,77	8,47	7,85	8,21	8,13	4,26	1,61	0,60	52,89
Fort Collins, Colorado	1887	2,46	3,23	4,60	5,55	5,19	5,75	5,23	4,24	4,12	3,26	1,48	1,60	46,71
" " "	1888	.	.	.	.	4,45	7,70	7,00	4,06	3,04	2,17	1,35	0,99	—
" " "	1889	1,08	1,03	2,75	4,06	3,72	4,84	5,20	5,15	5,19	3,28	0,62	1,47	37,84
" " "	1890	0,86	2,36	3,48	3,50	4,32	5,71	5,44	5,76	3,69	2,71	1,32	1,10	40,25
" " "	1891	1,89	1,90	2,23	2,24	5,03	4,97	5,72	4,91	4,12	3,62	1,74	0,75	39,12
" " "	1892	2,51	2,15	2,78	3,58	3,49	4,20	4,69	5,64	5,11	3,33	1,93	1,13	40,54
" " "	1893	?	1,52	3,79	5,40	5,12	6,12	6,41	4,78	5,01	3,79	1,05	1,38	—
" " "	1894	1,14	1,15	1,95	4,61	4,66	5,01	5,74	4,88	3,77	3,75	1,54	1,22	49,52
" " "	1895	1,19	1,19	?	4,91	4,27	4,13	4,57	4,52	4,06	2,24	1,53	1,65	—
" " "	1896	2,64	2,25	2,39	4,71	5,91	5,09	5,23	5,80	3,34	2,94	1,62	1,25	43,17
" " "	1897	1,80	2,20	?	3,33	4,13	4,96	4,64	4,76	3,97	2,88	1,47	0,94	—
Mittel	11 Jahre	1,78	1,90	3,00	4,19	4,87	5,21	5,44	4,95	4,21	3,09	1,43	1,22	40,94

Tabelle VI.

Verdunstung von Reservoirs und Seen in englischen Zoll.

Ort	Jahr	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Sweetwater Reservoir bei San Diego, Süd-Kaliforn. (220 Fuss Meereshöhe.)	1889	1,90	3,34	3,38	4,96	5,82	6,81	8,22	7,26	7,81	4,52	3,96	0,95	59,02
	1890	1,59	2,21	3,28	4,14	6,14	7,30	7,38	9,02	6,48	4,92	5,5.	1,84	59,84
	1891	3,61	1,35	3,08	3,71	5,60	6,03	6,50	8,89	6,15	6,31	4,10	2,75	58,08
	1892	2,54	1,39	3,08	5,82	4,67	6,48	8,31	6,54	6,27	6,56	4,77	2,61	59,54
	1897	2,12	1,64	2,91	5,99	5,69	7,90	6,25	6,61	5,53	6,97	4,24	3,75	58,90
	Mittel	2,87	1,99	3,15	4,99	5,58	6,90	7,48	7,66	6,45	5,79	4,52	2,38	59,07
Arrowhead Reservoir in Little Bear Valley, Süd-Kaliforn. (5160 Fuss Meereshöhe.)	1895	.	.	1,12	1,84	5,30	6,60	6,30	6,20	5,05	2,80	1,20	0,34	—
	1896	0,09	0,81	0,94	3,39	2,86	6,50	5,01	5,50	4,01	4,05	1,58	1,23	35,70
	1897	0,57	0,24	.	3,01	4,75	6,17	7,62	5,17	5,00	4,01	1,24	1,21	—
	Mittel	0,33	0,53	1,03	2,75	4,30	6,42	6,39	5,62	4,69	3,62	1,34	0,93	37,80
Mittel aus 2- und 1-jährig. Beobachtgn. an Seen u. Reservoirs bei Fort Collins in Colorado.	1 mal 1889 1 „ 1890 1 „ 1896 3 „ 1897													
	Mittel	1,5	2,0	3,5	5,0	6,5	8,0	9,5	8,5	6,5	4,5	2,5	1,5	59,5

Auf den drei landwirtschaftlichen Versuchsstationen von Arizona[24]), Utah[17]) und Colorado[10]) wird die Verdunstung in einem Tank gemessen, der bis zu seinem Rande von dem Erdboden eingeschlossen ist. Auf der Station in Utah hat der Tank eine Oberfläche von 10 Quadratfuss, auf der Station in Colorado ist er je 3 Fuss tief, lang und breit. Die Höhe der Verdunstung in den einzelnen Monaten und Jahren ist in Tabelle V zusammengestellt.

Zur Ergänzung dieser an einem von dem Erdboden eingeschlossenen Tank gemachten Beobachtungen mögen in Tabelle VI einige Zahlen angeführt werden, die beim Messen der Verdunstung in Bottichen, die auf einer Wasserfläche schwimmen, gewonnen wurden. Die Bottiche bestehen aus galvanisiertem Eisen; man lässt sie soweit in das Wasser eintauchen, dass ihr Rand noch 3—4 Zoll über der Wasserfläche steht, um das Eindringen von Wogen zu verhüten. Die Oberfläche der eingeschlossenen Wassermenge soll möglichst in derselben Ebene wie der umgebende Wasserspiegel liegen.

Beim Vergleich der beiden in Fort Collins ermittelten durchschnittlichen Verdunstungshöhen, wie sie die Tabellen V und VI angeben, fällt sofort auf, dass die auf den Reservoirs und Seen schwimmenden Bottiche bedeutend mehr Flüssigkeit verdunstet haben als derjenige, welcher in die Erde eingesenkt war. L. G. Carpenter[10,11]) sucht die Hauptursache dieser Erscheinung darin, dass die ersteren in viel höherem Masse der Einwirkung des Windes ausgesetzt waren, und dass bei ihnen infolge der beständigen Erschütterung durch die Wellen eine viel grössere Fläche mit der Luft in Berührung kam. Auch war die Temperatur durchschnittlich höher als in dem in die Erde eingesenkten Bottich.

Die Höhe der Verdunstung von einer freien Wasserfläche ist in der Regel viel beträchtlicher als die entsprechende Regenhöhe. So steht zum Beispiel in Fort Collins der durchschnittlichen jährlichen Verdunstung von 59,5 Zoll (resp. 40,94 Zoll) ein Regenfall von nur 13,75 Zoll gegenüber, und in der Gegend

von San Diego in Süd-Kalifornien der 59,07 Zoll betragenden Verdunstung nur 9,86 Zoll Niederschlagshöhe. Des Vergleiches halber sei auch ein deutscher Ort mit relativ geringem Regenfall herangezogen: Nach P. Holdefleiss[38]) betrug in Halle a. S. im Jahre 1901 die Verdunstung 1596,7 mm (= 62,99 engl. Zoll), die Regenhöhe nur 467,1 mm (= 18,43 engl. Zoll). Diese erhebliche Differenz erleidet allerdings einige Einschränkungen aus dem Grunde, weil, wie P. Holdefleiss anführt, die Verdunstung von grossen Wasserflächen geringer ist, als wie der benutzte Verdunstungsmesser nach Wild anzeigt.

Es mag noch einmal betont werden, dass die in Wirklichkeit stattfindende Verdunstung des Bodens viel geringer ist als die Zahlen, welche für die Verdunstung auf freier Wasserfläche beobachtet worden sind. Aber bei grossem Feuchtigkeitsgehalte gibt der mit Pflanzen bestandene Boden sogar noch mehr Wasser an die Atmosphäre ab als die freie Wasserfläche, und Untersuchungen von F. H. King haben ergeben, dass selbst aus 10 Fuss Tiefe die Bodenfeuchtigkeit infolge des kapillaren Leitungsvermögens des Bodens an die Oberfläche gebracht wird und der Verdunstung anheim fällt. Durch geeignete Bearbeitungsmethoden kann die Verdunstung wesentlich verringert werden.

III. Die Böden der ariden Region und ihr Verhalten gegen Wasser.

Die physikalische und chemische Beschaffenheit des Bodens, sein Verhalten gegen Wasser und die Lage des zu bewässernden Landes sind von grossem Einfluss auf den Erfolg eines Bewässerungsunternehmens. Die Häufigkeit der Wasserzuführung, die Quantität des bei jeder einzelnen Bewässerung anzuwendenden Wassers, ja selbst die Bewässerungsmethode ist in erster Linie von der Bodenbeschaffenheit abhängig. Die von den Bodenverhältnissen der Bewässerungswirtschaft gebotenen natürlichen Bedingungen verdienen deshalb eingehende Berücksichtigung.

Der Boden verdankt seine Entstehung der Einwirkung des Wassers und des Klimas auf das Gestein. Die hierbei hauptsächlich in Tätigkeit tretenden klimatischen Faktoren sind die Wärme, insbesondere rascher Temperaturwechsel, und die Niederschläge. Dadurch, dass letztere einen erheblichen Einfluss auf die Bodenbildung ausüben, wird ein wesentlicher Unterschied zwischen den Böden der humiden und der ariden Region bedingt. Es ist das Verdienst E. W. Hilgards, die Eigenschaften der ariden Böden durch eingehendes Studium klargelegt und auf ihre grosse Verschiedenheit von den Böden regenreicher Gebiete hingewiesen zu haben.

Die charakteristischen Merkmale der Böden der ariden Region sind folgende:

1.) Die Kaolinisierung der tonbildenden Gesteine geht nur sehr langsam vor sich. Während unter einem regenreichen Klima und somit auch im östlichen Nord-Amerika die Ton- und Lehmböden vorherrschen, sind die ariden Böden tonarm, sandig, pulver- und staubförmig. Die Feinheit des erdigen Materials ermöglicht es dem Winde, grosse Staubmengen aufzuwirbeln, und daher bilden die lästigen Staubstürme eine charakteristische Eigentümlichkeit jedes regenarmen Landes. Tonböden finden sich nur dort, wo der Ton schon in einer früheren geologischen Periode abgelagert wurde, oder in den Alluvialbildungen einiger Flusstäler. Unter die letztere Kategorie fallen die als „Adobe“ bezeichneten Tonböden, welche sehr schwer und bindig, aber auch sehr fruchtbar sind.

2) Aus der sandigen und wenig bindigen Beschaffenheit der ariden Böden darf man jedoch durchaus nicht etwa auf geringe Fruchtbarkeit schliessen, wie man bei humiden Sandböden zu tun berechtigt ist, deren Sandgehalt ja gewöhnlich ausschliesslich vom Quarz dargestellt wird.

Bei ariden Böden zeigt vielmehr die mikroskopische Untersuchung oftmals ein erhebliches Zurücktreten der Quarzteilchen gegenüber Gesteinskörnchen andrer Art, wie Schiefer, Granit, vulkanischen Materials u. a., da die Tonbildung nur

langsam erfolgt. Im Gegensatz zur verzögerten Tonbildung wird nach Hilgard die Entstehung von Zeolithen unter ariden Verhältnissen sehr gefördert.

Diese wasserhaltigen Doppelsilikate, welche in reinem Wasser unlöslich, in den Bodensäuren aber löslich und daher den Pflanzen zugänglich sind, überziehen die Gesteinskörnchen gallertartig und tragen bekanntlich wesentlich zur Fruchtbarkeit des Bodens bei, indem sie zur Aufspeicherung der mineralischen Pflanzennährstoffe dienen. Auf die Wichtigkeit der zeolithischen Gebilde ist erst neuerdings wieder von H. Bode[39]) hingewiesen worden.

3) Überhaupt sind die Böden der ariden Region in der Regel bei weitem fruchtbarer als die humiden Böden; denn die durch Verwitterung löslich gemachten mineralischen Pflanzennährstoffe unterliegen hier ja nicht der Gefahr ausgewaschen zu werden. Nur hinsichtlich des Phosphorsäuregehaltes unterscheiden sich beide Gruppen nicht wesentlich. Besonders hervortretend ist im ariden Gebiet der Reichtum an Kalk und Magnesia; denn nach zahlreichen Analysen, die von Hilgard und Loughridge ausgeführt wurden, enthielten Böden der ariden Region, die nicht etwa das Produkt von Kalkformationen waren, zwölf- bis vierzehnmal soviel Kalk und sechs- bis siebenmal soviel Magnesia als die entsprechenden humiden Böden.

4) Auf Grund derselben Analysen wurde für die Alkalien das Verhältnis der humiden zur ariden Region als 1 : 3—4 festgestellt.

Demnach ist auch der Gehalt an Kali und Natron in den ariden Böden beträchtlich und geht oft soweit, dass das Übermass des Natrons das Gedeihen der Kulturpflanzen unmöglich macht, wenn nicht besondere Meliorationen durchgeführt werden. Da das Kali das Natron aus den zeolithischen Doppelsilikaten teilweise auszutreiben und an Stelle des Natrons selbst in die Verbindung einzutreten vermag, pflegt die vorhandene Menge des wasserlöslichen Natrons die des wasserlöslichen Kalis bei weitem zu übertreffen. Infolgedessen unterliegt in regenreichen

Gebieten das Natron der Auswaschung in viel höherem Masse als das Kali, wie ja auch schon aus dem Zurücktreten des Kalis gegenüber dem Natron im Meereswasser hervorgeht. In Gegenden mit spärlichem Regenfall wird jedoch das Natron (und natürlich auch das an Quantität geringere, wasserlösliche Kali) vom Wasser nur in geringe Tiefen hinabgeführt und bei der Verdunstung wieder mit an die Oberfläche gebracht. Dort erzeugt es dann weisse Ausblühungen, das Kennzeichen der in allen ariden Ländern sich findenden Alkaliböden.

Befindet sich das Natron vorwiegend in der Form des schwefelsauren Salzes oder des Chlorids („weisses Alkali"), so übt es nur dann eine nachteilige Einwirkung auf das Pflanzenwachstum aus, wenn die vorhandene Menge sehr beträchtlich ist, in erster Linie, wenn es sich unter dem Einflusse der Verdunstung in grossen Quantitäten nahe der Oberfläche ansammelt. Besteht jedoch der Alkaligehalt wesentlich aus kohlensaurem Natron, so liegen die Verhältnisse viel ungünstiger, denn schon weniger als 0,1 % Natriumkarbonat im Boden sind der Vegetation schädlich. Ausserdem wird der physikalische Bodenzustand in hohem Masse verschlechtert, besonders bei bindigen Böden, und der Humus zersetzt. Infolge der dadurch erzeugten Schwarzfärbung wird das kohlensaure Natron als „schwarzes Alkali" bezeichnet. Hilgard empfiehlt, das Natriumkarbonat durch Düngung mit Gyps unschädlich zu machen. Das bei der eintretenden chemischen Umsetzung sich bildende schwefelsaure Salz wirkt viel weniger schädlich, während der gleichzeitig entstehende kohlensaure Kalk die Humusbestandteile wieder unlöslich macht und die Zusammenschlämmung des Bodens beseitigt.

Als Gegenmittel gegen nachteilige Wirkungen des weissen Alkali genügt es schon, der Anhäufung der Salze in der obersten Bodenschicht dadurch entgegenzuarbeiten, dass man durch Tiefkultur und starke Beschattung die Verdunstung vermindert. Vorteilhaft wirkt auch der Anbau von Pflanzen, welche grosse

Salzmengen aufzunehmen vermögen, wie zum Beispiel der Zuckerrübe.

Seltener wird man zur Drainierung des Landes seine Zuflucht nehmen, da nicht nur die Kosten meistens im Verhältnis zu hoch sein würden, sondern auch weil man die gelösten nützlichen Salze, in erster Linie schwefelsaures Kali, nicht der Auslaugung preisgeben will.

5) Der Gehalt an Humus und Stickstoff ist geringer als unter humiden Verhältnissen. Da in der ariden Region infolge des spärlichen Regenfalles und der langen Trockenperioden das Wasser nur wenig bei der Zersetzung der organischen Stoffe mitwirkt, gleicht die Umwandlung der pflanzlichen Überreste einer allmählichen Verbrennung, deren Endprodukt aschenartig und quantitativ gering ist. Diese Art der Umwandlung geht dort am intensivsten vor sich, wo gerade der Sommer regenlos und die Sommertemperatur sehr hoch ist. Eigentliche Humusbildung erfolgt nur in Perioden reichlicheren Regenfalls.

Der Unterschied im Stickstoffgehalt der beiden Bodenklassen ist weniger gross, da nach Hilgard der Humus in ariden Gebieten im Mittel 3—5 mal mehr Stickstoff enthält, als in regenreichen Distrikten. Auch ist der durchschnittlich grössere Gehalt der ariden Böden an kohlensaurem Kalk und Magnesia der Nitrifikation günstig.

6) Eine wichtige Eigenschaft der meisten ariden Böden ist schliesslich die Tiefgründigkeit und der oftmals fehlende Unterschied zwischen Oberkrume und Untergrund. Unter humidem Klima ist der Untergrund gewöhnlich undurchlässiger und an abschlämmbaren Teilen reicher als die obere Bodenschicht, hauptsächlich wohl deshalb, weil das Regenwasser im Laufe der Zeit Ton und kohlensauren Kalk der Tiefe zugeführt hat. Unter ariden Verhältnissen dagegen tritt dieser Vorgang weniger stark hervor, da Tongehalt des Bodens und Regenfall gering sind. (Dass jedoch auch hier Auslaugen des Tones und mehr noch des kohlensauren Kalkes in grössere oder geringere Tiefen erfolgen kann, zeigt die sogenannte „Hardpan"-

Bildung im Untergrund). Ferner sind die ariden Böden wegen ihrer sandigen Beschaffenheit „tätige Böden", daher vermögen die die Verwitterung fördernden klimatischen Faktoren, vornehmlich Temperaturschwankungen, rasch in die Tiefe vorzudringen und dort ebenso aufschliessend zu wirken wie nahe der Oberfläche.

Bei derartigen Untergrundverhältnissen ist es leicht verständlich, dass die Pflanzenwurzeln rasch in grosse Tiefen vorzudringen vermögen, und wenn bei lange vorherrschender Trockenheit die Bodendecke völlig staubförmig und von aller Feuchtigkeit entblösst wird, erfolgt die Nährstoffaufnahme ausschliesslich aus den noch feuchten, tieferen Bodenschichten. Dieses Tiefwurzeln gibt selbst einjährigen Pflanzen die Fähigkeit, lange Trockenperioden ohne Schaden zu überstehen.

7) Was nun noch die von Kaerger[35]) als für die ariden Böden charakteristisch hingestellte Eigenschaft „Armut an kohlensauren Eisenverbindungen, daher keine Rotfärbung", anbetrifft, so möchte ich deren allgemeine Richtigkeit, wenigstens für Nordamerika, nicht anerkennen. Allerdings gebraucht Kaerger statt der Bezeichnung „aride Böden" den Ausdruck „Steppenböden", jedoch geht aus dem Zusammenhange die Identität beider hervor. Gegenüber den unter dem Einflusse eines humiden Klimas stehenden tropischen und subtropischen Böden, den Roterden und Lateriten, sind die ariden Böden freilich arm an Eisenverbindungen. Aber wie die von Hilgard in Band 16 der „Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik" veröffentlichte Tabelle „Mittlere Zusammensetzung der Böden in der humiden und ariden Region Nordamerikas", und ferner zahlreiche von den Versuchsstationen in Kalifornien, Colorado und Utah ausgeführte Analysen beweisen, sind die Böden der ariden Staaten durchschnittlich eisenreicher als die der humiden Staaten, und zwar ist der prozentische Gehalt an Eisenoxyd in einigen Fällen ziemlich hoch, wre aus den nachfolgenden, der Hilgard'schen Tabelle entnommenen Zahlen hervorgeht:

Tabelle VII.

Staat	Gehalt an Eisenoxyd in Prozent
Staaten der ariden Region.	
Kalifornien	6,303
Montana	4,459
Wyoming	3,32
Colorado	6,640
Utah	6,41
Neu-Mexiko	4,031
Staaten der humiden Region.	
Kentucky	6,008
Nord-Carolina	4,718
Süd-Carolina	2,771
Arkansas	3,099
Louisiana	4,543
Mississippi	2,643
Alabama	3,814
Georgia	2,751
Florida	0,749

Sollte aber Kaerger nur die Tropen und Subtropen im Auge haben: gerade die Böden des subtropischen, ariden Süd- und Mittelkalifornien sind viel eisenreicher als die der subtropischen, humiden Staaten am Golf von Mexiko. Und auch die charakteristische Rotfärbung fehlt nicht; wir finden sie sowohl bei den Böden an den Ausläufern der Sierra Nevada wie auch in Südkalifornien, und so gehören zum Beispiel auch die von mir bei Riverside und Ethanac aufgenommenen Böden (Tabelle VIII No. 13 u. 14) hierher.

Die Charakteristik der ariden Böden hat gezeigt, dass das unter dem Einflusse eines regenarmen Klimas stehende Ackerland alle mineralischen Pflanzennährstoffe in reichlichem Masse besitzt. Wenn nun andrerseits auch der Humusgehalt und in logischem Zusammenhange damit der Gehalt an Stickstoff niedrig sind, so ist dennoch, wie gleich an dieser Stelle angeführt

werden mag, die düngende Bewässerung von untergeordneter Bedeutung für die ariden Böden, die Bewässerung geschieht ausschliesslich um der Feuchtigkeit selbst willen. Während meines Aufenthaltes im nordamerikanischen Westen habe ich sogar oft die Erfahrung gemacht, dass Farmer und Bewässerungsingenieure mit düngenden Bestandteilen reich beladenes Flusswasser viel geringer schätzten als klares, nährstoffarmes Wasser, wie zum Beispiel das der artesischen Brunnen, weil das erstere einen grösseren oder geringeren Teil des mitgeführten erdigen Materials schon in den Bewässerungskanälen ablagert, sodass eine allmähliche Zufüllung derselben stattfindet. Wenn es nun zumal noch nötig ist, das Flusswasser in Reservoirs aufzuspeichern, und wenn dazu gerade das besonders schlammreiche Hochflutwasser benutzt werden muss, so ist die Ablagerung besonders stark, und der Wert der Nährstoffe, die dem Acker schliesslich noch zugeführt werden, vermag die Kosten für die Wieder-Instandsetzung der Bewässerungsanlage nicht annähernd aufzuwiegen.

Der bestehende Nährstoffreichtum der ariden Böden und die daraus sich ergebende, vorläufig noch geringe Bedeutung der Düngungsfrage erweisen klar, dass die Untersuchung der physikalischen Beschaffenheit der ariden Böden viel wichtiger ist als die chemische Analyse, und da ohne künstliche Wasserzuführung der Acker überhaupt keinen oder doch nur geringen Wert hat, so steht die Frage nach dem Verhalten des Bodens gegen Wasser für die Bewässerungswirtschaft im Vordergrund.

Tabelle VIII soll über die mechanische Zusammensetzung, den Gehalt an hygroskopischem Wasser, Glühverlust und Humus, und über die Wasserkapazität amerikanischer Böden einigen Aufschluss geben. Die 24 Bodenproben sind im Sommer 1902 von mir an Ort und Stelle aufgenommen worden; bei der Entnahme wurde darauf Rücksicht genommen, nur solche Böden auszuwählen, die für die betreffende Gegend typisch zu sein schienen.

Die ersten vier Böden gehören der humiden Zone an,

Tabelle

Untersuchung von vierundzwanzig Böden aus

Nr.	Ort	Hygroskopisch. Wasser %	Glüh-Verlust %	Humus nach Grandeau %	Wasserkapazität: % des Gewichts	Wasserkapazität: % des Volumens	Kühn'sche Schlämm-Analyse: > 5 %	> 3 %	> 2 %	> 1 %	> 0,5 %	> 0,25 %	< 0,25 mm %
	Nebraska.												
1.	Lincoln	2,47	8,53	2,864	38,54	46,97	—	—	—	0,090	0,814	4,212	47,440
	Louisiana.												
2.	Guedan	1,63	7,80	3,647	35,81	43,17	0,485	—	—	0,148	2,396	4,404	48,411
3.	Lake Charles	0,40	1,83	1,177	24,13	34,00	—	—	—	0,048	0,416	0,784	76,574
	Texas.												
4.	College Station	0,97	3,27	1,858	27,91	39,30	—	—	—	0,070	0,732	45,952	33,774
5.	Beeville	2,47	6,27	2,816	28,86	38,19	—	—	—	0,078	1,788	34,608	37,496
6.	San Antonio	5,61	11,74	2,491	35,45	44,46	—	—	—	0,070	0,756	5,604	37,796
7.	El Paso I	3,43	8,87	1,087	32,23	40,01	—	—	—	0,044	0,750	5,284	39,888
8.	El Paso II	2,90	6,96	1,306	32,13	41,64	—	—	—	—	0,220	3,404	47,1[illegible]
9.	El Paso III	3,70	8,33	1,417	35,03	44,62	—	—	—	0,022	0,690	8,170	33,[illegible]
	Neu-Mexiko.												
10.	Las Cruces	3,66	9,22	1,780	36,56	43,36	—	—	—	0,038	0,400	6,716	27,4[illegible]
	Arizona.												
11.	Tucson	3,47	13,53	3,495	45,86	46,00	0,435	1,468	1,098	1,966	6,394	11,746	21,[illegible]
12.	Phoenix	3,53	9,37	1,959	33,20	41,60	—	—	—	0,074	0,990	12,790	29,[illegible]
	Kalifornien.												
13.	Riverside	1,20	3,60	0,948	21,73	33,63	0,327	1,100	2,140	0,752	9,466	15,278	48,[illegible]
14.	Ethanac	0,33	1,80	0,993	19,66	31,80	0,263	2,936	2,536	4,040	15,020	33,880	31,[illegible]
15.	Pomona	0,76	3,73	2,088	24,14	35,19	7,456	2,662	1,998	1,948	9,546	30,386	32,[illegible]
16.	Tulare	0,60	2,40	1,814	19,65	31,50	—	0,240	1,020	3,064	29,762	40,944	12,[illegible]
	Utah.												
17.	Lehi	1,17	4,53	2,990	25,29	37,37	4,214	3,432	4,610	7,588	21,092	13,614	21,[illegible]
	Colorado.												
18.	Grand Junction	1,60	6,27	1,327	28,29	39,08	—	—	—	0,198	0,540	2,112	36,[illegible]
19.	Greeley	1,97	4,53	1,121	27,60	38,24	0,063	0,126	0,174	0,276	1,840	18,286	53,[illegible]
20.	Fort Collins	3,20	9,73	1,973	34,40	40,56	—	—	—	—	0,072	2,400	34,[illegible]
21.	Loveland	2,62	7,08	1,711	33,78	42,42	—	—	0,182	0,180	0,950	6,410	44,[illegible]
22.	Rocky Ford, Ost	2,68	7,88	1,551	36,18	43,20	0,016	—	—	0,108	1,330	8,546	44,[illegible]
23.	Rocky Ford, West	2,10	5,47	1,435	29,60	39,94	0,015	—	0,010	0,324	2,760	19,844	42,[illegible]
24.	Sugar City	2,63	6,00	0,933	28,03	39,74	0,314	1,182	1,224	1,782	5,120	25,260	32,[illegible]

VIII.

dem westlichen Nordamerika.

Abschlämmbare Teile %	Bodencharakter	Tiefe der Oberkrume	Untergrund	Gerade angebaute Frucht
47,444	Tiefschwarzer, humoser Lehmboden (Prairieboden)	bis 20 Fuss tief unten Humus ärmer	Sand und Kies	Umgebrochenes Grasland
44,640	Milder, humos., schwarz. Lehmboden (Prairieboden)	3—4 Fuss	Lehm und Ton	Reis
22,178	Grauweisser, sehr feiner Sandboden	4—5 Fuss	Lehm und Ton	Reis
19,472	Schwarzbraun., lehm. Sandbod.	tiefgründig	—	Obstplantage
26,030	Tiefschwarzer, sehr feiner, lehmiger Sandboden	16 Zoll	10 Zoll Lehm, dann Kalkstein	„
55,866	Schwarz., schwerer Lehmboden	tiefgründig	—	Gemüse
54,040	Rötl., schwer. Lehmb., „Adobe"	4—5 Fuss und mehr	—	Luzerne
49,500	„ „ „ „	„ „	—	Wein
57,768	„ „ „ „	„ „	—	„
65,420	Lehmiger Thonboden, „Adobe"	flachgründig 3—6 Zoll	lehmiger Sand	Weizen
57,402	An unzersetzten organischen Teilen sehr reicher, humoser, schwerer Lehmboden	tiefgründig	in ca. 15 Fuss Tiefe vermutlich Kies und Sand	Weizen
56,674	Brauner, schwerer Lehmboden	5—6 Fuss	Kies und Sand, darunter Ton	Luzerne
26,090	Roter, lehmiger Sandboden	5—6 Fuss	—	Orangen
12,756	„ „ „	5—6 Fuss	—	Gemüse, Luz.
26,022	Lehmiger Sandboden			Aprikosen
13,702	Feinkörniger Sandboden	5—6 Fuss	4—5 Zoll „Hardpan" dann Lehm	Wein
27,924	Grauschwarzer, lehmiger Sandboden	3—4 Fuss	Sand	Zuckerrüben
60,378	Heller, feiner, milder Thonbod.	tiefgründig	Schiefergestein	Äpfel u. Birnen
26,006	Rötlicher, lehmiger Sandboden	„	—	Kartoffeln
63,166	Humoser Thonboden	„	—	Luzerne
47,484	Humoser Lehmboden	5 Zoll	Lehm	Zuckerrüben
45,806	Schwerer Lehmboden	3 Fuss	Lehm	Luzerne
34,164	Sandiger Lehmboden	Bis 12 Fuss tiefgründig	sandig-steinig	Zuckerrüben
33,146	Sandiger Lehmboden	tiefgründig	—	„

doch fand auf Boden No. 1 Bewässerung zu Gras und Gemüse, auf No. 2 u. 3 zu Reis statt. No. 4 war unbewässert. Die Böden 5 und 6 sind aus der semiariden, die übrigen 18 aus der ariden Zone.

Ergebnis der mechanischen Bodenanalyse: Die Böden zeigen in der Mehrzahl einen hohen Gehalt an abschlämmbaren Teilen, doch darf man daraus durchaus nicht etwa auf hohen Tongehalt schliessen. Allerdings sind gerade die so ziemlich den höchsten Bestand aufweisenden Böden No. 7—12 sehr tonreich, (65—49 % abschlämmbare Teile). Diese Böden gehören zu der schon erwähnten „Adobe"-Klasse. Die Proben 7—10 stammen aus der Westecke von Texas und dem südlichen Neu-Mexiko, aus dem breiten Tale des Rio Grande; von den beiden Arizonaböden der Tabelle liegt der eine in dem verhältnismässig engen Tale des Mittellaufes des Rio Santa Cruz, der andere in dem für den Ackerbau wichtigsten Teile des Territoriums, in der Ebene des Gila und des Salt River. Da, wie oben geschildert wurde, im ariden Nordamerika die Regen häufig mit ausserordentlicher Heftigkeit niedergehen, und zwar besonders in den oberen Gebieten der Flussläufe, so werden von den innerhalb weniger Stunden hochangeschwollenen Flüssen ganz gewaltige Mengen erdigen Materials mit fortgeschwemmt, und in den unteren Teilen der Flussläufe beim Übertreten des Wassers abgesetzt. Die durch Ablagerung der feineren, tonigen Produkte entstandenen Böden besitzen hohe Fruchtbarkeit. Bemerkenswert ist bei diesen Böden ferner das gänzliche Fehlen von grobem Gestein (> 5 mm) und Kies (5—2 mm), und die geringe Menge von Sand von mehr als 0,25 mm Korngrösse. Nur der Boden von Tucson weist gröberes Material auf, und zwar liegt der Grund in der höheren Lage am Flusslauf.

An zweiter Stelle hinsichtlich des Gehaltes an abschlämmbaren Teilen sind die Böden von Utah und Colorado zu nennen, (63—26 % abschlämmbare Teile). Dieselben sind ebenfalls alle sedimentäre Böden, vielleicht den von Grand Junction ausgenommen. Der lehmige Sandboden aus dem Mormonenstaate

entstammt der Ebene zwischen dem Utah-See und dem grossen Salzsee, das Feld trug seit elf Jahren ununterbrochen Zuckerrüben. Der Boden aus der Nähe von Grand-Junction, im Tale des Grand River im westlichen Colorado, ist ein Schieferverwitterungsboden, jedoch ist er eine kurze Strecke von seinem Muttergestein nach dem Flusse zu geschwemmt worden. Dass aber der Transport nur ein kurzer gewesen sein kann, beweist die scharfkantige, eckige Form der kleinen Schiefersplitter. Einen etwas längeren Weg haben die nächsten drei Böden der Tabelle genommen, die aus der weiten und ziemlich flachen Ebene des Cache la Poudre River in Nordcolorado stammen. Dieselben stellen vom Felsengebirge herabgeschwemmte Verwitterungsböden dar, und zwar hauptsächlich Granitverwitterung, wie schon ihr Reichtum an Feldspat (rotem Orthoklas) und Glimmer anzeigen. Das Gebiet, dem die drei Proben entnommen wurden, ist schon der am Ostrande des Felsengebirges beginnenden grossen Steppe („The great plains") zuzurechnen. Ihnen sehr ähnlich sind die drei aus dem östlichen Colorado mitgebrachten Steppenböden (No. 22—24), die ebenfalls von den auf den Rocky Mountains und ihren Ausläufern entspringenden Wasserläufern abgesetzt wurden. Zwei der Böden, Rocky Ford-Ost und -West, entstammen dem breiten Arkansastale, und zwar zeigt das höher gelegene Land, Rocky Ford-West, beträchtlich leichtere, sandigere Beschaffenheit als der Boden östlich des Ortes (34 und 45 % abschlämmbare Teile). Dem leichteren der beiden Böden steht der 13 engl. Meilen nördlich davon in der Steppe bei Sugar City entnommene Boden sehr nahe, nur ist sein Gehalt an Kies und grobem Sand noch höher.

Was die Feinkörnigkeit anbetrifft, so zeigen die Colorado-Böden im Durchschnitt zwar etwas gröbere Beschaffenheit als die oben besprochenen Böden von West-Texas, Neu-Mexiko und Arizona; denn von den sieben Proben weisen vier etwas grobes Gestein und Kies auf, aber die Menge des grobkörnigeren Materials ist auch hier ziemlich gering, und ein Boden

der Gruppe, derjenige von Fort Collins, ist der feinkörnigste in der ganzen Tabelle, denn beim Sieben wurden nur 0,072 % > 0,5 mm erhalten.

Dagegen zeigt der im Zusammenhang mit den Böden aus Colorado besprochene Boden der Zuckerfabrik Lehi in Utah eine viel gröbere Zusammensetzung und übertrifft hinsichtlich seines Gehalts an grobem Gestein, Kies, Perlsand und grobem Sand selbst noch die aus Kalifornien stammenden Proben.

Bei den vier Böden, die in Süd- und Mittel-Kalifornien aufgenommen wurden, hat nämlich die Schlämmanalyse nur einen sehr geringen Bestand an abschlämmbaren Teilen ergeben, nämlich in zwei Fällen 26 %, in den beiden anderen ungefähr 13 %. Würde man die 24 Nummern der Tabelle in absteigender Reihe nach ihrem Gehalt an abschlämmbaren Teilen ordnen, so würden die 4 kalifornischen Böden Platz 19, 20, 23 und 24 erhalten.

Die 3 südkalifornischen Böden von Riverside, Ethanac und Pomona, gehören dem Tafellande an, das dem San Bernardino-Gebirgszuge vorgelagert ist. Das Schlämmprodukt zeigt reichen Gehalt an Glimmer, Feldspat, Quarz und Hornblende; die beiden ersteren, besonders der Boden von Riverside, sind eisenreich und deshalb sehr rot gefärbt („Roter Tafellandboden"). Als ähnlich mechanisch zusammengesetzt erweist sich der Boden von Tulare, doch scheint bei ihm und auch bei dem Boden von Pomona der Gehalt an Quarz etwas mehr hervorzutreten. Die Probe entstammt der Ebene zwischen der Sierra Nevada und dem See Tulare im südlichen Teile des „Grossen Tales" von Kalifornien. Der Gehalt der vier Böden an grobkörnigerem Material kann wohl noch als mässiger bezeichnet werden; an grobem Gestein weist nur die Probe von Pomona einen ziemlich hohen Prozentsatz auf, annähernd 7,5 %.

Die semiaride Zone ist in der Tabelle mit zwei Böden (No. 5 und 6) aus dem südlichen Texas vertreten, Beeville und San Antonio. Beide sind Böden der Ebene, humos, ohne Kies

und grobes Gestein, doch in der Menge der abschlämmbaren Teile sehr verschieden (26 und 55 %), sodass der eine als lehmiger Sand, der andre als schwerer Lehmboden anzusehen ist.

Die Böden 1—4 gehören der humiden Region an und sind des Vergleichs halber mit herangezogen worden. Die beiden Prairieböden aus dem östlichen Nebraska und Südwest-Louisiana zeigen in ihrer physikalischen Beschaffenheit ausserordentliche Übereinstimmung, sie sind beide humose, schwarze Lehmböden. Der zweite Boden aus Südwest-Louisiana ist ein äusserst feiner, grauweisser Sandboden, mit nur 1,248 % > 0,25 mm. Bei der mikroskopischen Untersuchung erwiesen sich die abschlämmbaren Teile (über 19 %) als fast ausschliesslich aus Quarzsand bestehend. Wahrscheinlich ist die Umgegend der Stadt Lake Charles früherer Meeresboden oder ein Teil des gleichnamigen Sees, Charles Lake, der mit dem Golf von Mexiko in Verbindung steht.

Der vierte der humiden Böden ist in der Obstplantage des Agricultural College von Texas, welches im östlichen Teile des Staates liegt, aufgenommen, er ist ein humoser, lehmiger Sand. Der Gehalt an grobem Gestein, Kies und gröberem Sand ist auch bei den vier Böden der regenreichen Region sehr gering, respektive gleich null.

Humusbestimmung. Bei der Charakteristik der ariden Böden ist schon darauf hingewiesen worden, dass in der ariden Region eine Humusbildung gewöhnlich nur nach reichlicherem Regenfall stattfinden kann, und dass deshalb die ariden Böden den humiden an Humusgehalt und somit auch an Stickstoffgehalt nachstehen. Es erschien mir daher wichtig, die im amerikanischen Westen aufgenommenen Erdproben auf ihren Humusgehalt zu untersuchen, umsomehr, da ja die vorhandene Humusmenge auch die Wasserkapazität des Bodens beeinflusst.

Hilgard wendet zur Humusbestimmung nicht die sonst übliche Elementaranalyse (Verbrennung des Bodens mit Kupferdraht im Glasrohr) an, sondern die von Grandeau angegebene Methode (Ausziehen des seines Kalk- und Magnesiagehaltes

beraubten Bodens mit verdünntem Ammoniak), um nicht die gesamte organische Substanz sondern nur den schon in Zersetzung übergegangenen Teil derselben zu erhalten. Hilgard äussert sich darüber folgendermassen:

„Je nach Umständen zeigt sich, dass besonders bei der Verbrennungsmethode der Humusgehalt um fünfzig oder mehr Prozente zu hoch gefunden werden kann. Es bedarf wohl kaum der Erörterung, dass unhumifizierte Pflanzenüberreste weder chemisch noch physikalisch die Rolle des echten, kolloidalen Humus — der matière noire Grandeaus — übernehmen können, ausser etwa als Quelle der Kohlensäureentwicklung; und dass je nach den Witterungsverhältnissen, also je nach dem Klima, sowie nach Lage des Bodens und dessen Natur, die endliche Humifizierung solcher Überreste einen ungewissen, unbestimmbaren Faktor bildet, dessen Anwendung zur Korrektion solcher Bauschbestimmungen einfach unmöglich ist."

Die Hilgard'sche Anschauung dürfte nun schon für die humiden Böden manches für sich haben, denn wenn hier auch vielleicht die noch unzersetzten pflanzlichen Überreste tatsächlich alle der Humifizierung anheimfallen, so kann der Zeitpunkt der Umwandlung und damit der Eintritt der Wirksamkeit für die schwer zersetzlichen Stoffe doch in ziemlicher Ferne liegen. Zum Vergleich möchte ich da die mineralische Bodenanalyse heranziehen, bei der es ja auch nicht gebräuchlich ist, die wirklich im Boden vorhandene Menge der einzelnen mineralischen Pflanzennährstoffe zu bestimmen, sondern nur den Teil, der schon in aufnahmefähigem und in weniger schwer zersetzlichem Zustande sich befindet. Denn der von den Versuchsstationen konventionell festgesetzte dreistündige heisse Auszug mit zehnprozentiger Salzsäure schliesst den Boden nicht vollständig auf.

Sicherlich aber ist für die ariden Böden zum Zwecke der Humusbestimmung eine Methode vorzuziehen, welche nicht die Gesamtheit der organischen Stoffe sondern möglichst gerade den schon humifizierten Teil derselben angibt. Denn wie schon

erwähnt wurde, geht ja ein beträchtlicher Prozentsatz der organischen Substanz überhaupt nicht in Humus über, sondern wird, wenn infolge Fehlens der Feuchtigkeit im Boden allein die Luft zersetzend einwirkt, durch allmähliche Verbrennung, „Eremakausis", in ein aschenähnliches Produkt übergeführt.

Aus diesem Grunde ist in der vorliegenden Arbeit die Humusbestimmung nach der von Hilgard modifizierten Methode Grandeaus in folgender Weise ausgeführt worden:

In ein doppeltes, in einen Glastrichter eingelegtes Filter wurde eine genau abgewogene Menge (6—8 g) des durch das 0,5 mm Sieb gesiebten lufttrockenen Bodens gebracht ($<0{,}5$ mm = Feinerde nach Hilgard) und mit etwas Filtrierpapier bedeckt, um beim Aufgiessen von Flüssigkeit den Boden in seiner Lage zu erhalten. Darauf wurden durch Auswaschen mit einprozentiger Salzsäure Kalk und Magnesia entfernt; das Aufgiessen wurde fortgesetzt, bis das Filtrat mit Oxalsäure keine Reaktion auf Kalk mehr zeigte. Zur Beseitigung der Salzsäure wurde mit destilliertem Wasser bis zum Eintreten der Neutralität ausgewaschen und der Trichterhals mit Gummi und Quetschhahn geschlossen.

Nunmehr wurde durch Behandeln mit 6 %igem Ammoniak die Humussubstanz gelöst uud die braune bis schwarze ammoniakalische Humuslösung nach einiger Zeit durch Öffnen des Quetschhahnes in einen Literkolben ablaufen gelassen. Während des Einwirkenlassens des Ammoniaks wurde der Trichter mit einer Glasplatte bedeckt.

Nach dem Ablaufen wurde der Hahn geschlossen, von neuem 6 %iges Ammoniakwasser aufgegossen und nach mehreren Stunden die Lösung wieder zum Abfluss gebracht und so fort. Blieb schliesslich das Ammoniakwasser trotz mehrstündigen Stehens über dem Boden farblos, so wurde mit dem Ausziehen aufgehört.

Von der im Literkolben befindlichen Humuslösung wurden, nachdem bis zur Marke aufgefüllt und gut durchgeschüttelt worden war, vermittelst eines Masskolbens 250 cc abgemessen

und im grossen Porzellantiegel auf dem Wasserbade eingedampft. Nach dem vollständigen Eindampfen wurde der Tiegel mit dem verbliebenen Rückstande eine Stunde bei 100° C in den Trockenschrank gestellt, darauf im Exsiccator erkalten gelassen und gewogen. Danach wurde geglüht, erkalten gelassen und wieder gewogen. Der durch das Glühen eingetretene Verlust ist der Humus (Matière noire).

Es kann nicht Wunder nehmen, dass den höchsten Humusgehalt, 3,647 %, einer der beiden Prairieböden aufweist, nämlich der Boden von Guedan in Süd-West-Louisiana. Wider Erwarten steht aber die andere der Prairie entstammende Erdprobe, No. 1 der Tabelle, erst an vierter Stelle und wird von 2 Böden der ariden Region übertroffen, wenn auch ihr Gehalt an Humus immerhin sehr hoch ist, nämlich 2,864 %.

Der Grund dafür, dass der schwarze Boden des östlichen Nebraska dem des südwestlichen Louisiana etwas nachsteht, ist wohl zum Teil darin zu suchen, dass in dem subtropischen Klima Louisianas die Vegetation sich weit intensiver entfaltet als in dem bedeutend nördlicher liegenden Nebraska, und dass ferner infolge der hohen Sommertemperatur und des reichlichen Regenfalls am Küstengürtel des Golfes von Mexiko die Humusbildung besonders rasch vor sich geht. Es dürfte vielleicht von Interesse sein, diesen schwarzen Böden der nordamerikanischen Prairie einmal eine russische Schwarzerde gegenüberzustellen, die ich zu derselben Zeit auf ihren Humusgehalt zu prüfen Gelegenheit hatte. Bei der Untersuchung ergab sich, dass die russische Erde noch etwas weniger humusreich war als die zweite amerikanische Schwarzerde, denn das Resultat war:

Tabelle IX.

Boden aus	Humus %
Nordamerika, Louisiana	3,647
„ Nebraska	2,864
Russland, Gouv. Kiew	2,780

Bedeutend niedriger ist der Humusgehalt der beiden humiden Sandböden, doch ist Boden No. 4 ziemlich humos, während Boden No. 3 erst an die neunzehnte Stelle unter den Böden der Tabelle zu stehen kommen würde. Sein geringer Bestand an organischen Stoffen findet seine Begründung in dem obenerwähnten wahrscheinlichen Ursprung des Bodens.

Sehr humusreich sind dagegen wieder die beiden semiariden Böden (No. 5 und 6); der Regenfall ist ziemlich reichlich, nämlich im Mittel in:

San Antonio 33.31 Zoll im Jahr und 17.80 Zoll Apr.—Sept.
Beeville 29.13 „ „ „ „ 16.65 „ „ „

und die mittlere Temperatur wegen der südlichen Lage sehr hoch. Im Jahre 1896 belief sich dieselbe in

Beeville auf 70.5° F. im Jahr und 80.8° F. April—Septbr.
das sind 21.4° C. „ „ „ 27.1° C. „ „

Die klimatischen Verhältnisse sind demnach der Humifizierung der organischen Stoffe günstig.

Dagegen sind die ariden Böden aus Texas und dem angrenzenden Neu-Mexiko, entsprechend dem örtlichen Klima, das heisst der hohen Sommertemperatur und der geringen Regenhöhe, weniger reich an Humussubstanz, denn die drei Böden von El Paso weisen 1.087 bis 1.417 % auf, während in Las Cruces die Menge allerdings bis 1.780 % steigt.

Sehr humos sind die beiden Böden aus Arizona, besonders der aus dem Santa-Cruz-Tale entnommene, denn derselbe folgt in der Tabelle mit seinen 3,495 % Humus gleich hinter dem Prairieboden von Guedan. Der Acker, von dem die Erdprobe genommen wurde, enthielt sehr viel unzersetzte organische Stoffe (Glühverlust = 13.53 %!). Nun ist zwar der Regenfall in Tucson gering, denn Tabelle II gibt als Jahresmittel 12,11 Zoll an, aber die klimatischen Verhältnisse sind für das im Flusstale liegende Land doch nicht vollständig arid, da der Grundwasserstand ein ziemlich hoher ist. So liefern 2 Brunnen, die

etwa 1 km oberhalb des Feldes gebohrt sind, schon aus 13, resp. 16 Fuss Tiefe reichlich Wasser.

Von der kalifornischen Gruppe entsprechen die beiden roten Tafellandböden von Riverside und Ethanac auch hinsichtlich ihres Humusgehaltes vollständig dem Typus der ariden Böden. Sie haben beide weniger als 1 % der Matière noire und stehen somit hinter allen anderen Böden der Tabelle zurück, ausgenommen allein den Steppenboden von Sugar City in Colorado, dem sie um ein ganz Geringes überlegen sind. Im Gegensatz dazu sind die beiden anderen kalifornischen Böden humusreich, sie weisen etwa die doppelte prozentische Menge an humifizierter organischer Substanz auf.

Und noch um ein volles Prozent reicher ist sonderbarerweise der lehmige Sandboden aus Utah, der mit seinen 2.990% den dritten Platz in der Tabelle einnimmt. Damit übertrifft er den nächst besten von all den anderen ariden Böden der Tabelle um die relativ sehr beträchtliche Menge von 0,902 %, wenn wir die Erdprobe aus Tucson wegen des hohen Grundwasserstandes ausnehmen.

Die Ursache des hohen Humusgehaltes dieses ariden Bodens muss, wie ich glaube, in Folgendem gesucht werden: Das Land ist schon seit nahezu 40 Jahren von den Mormonen in Kultur genommen, es wurden hauptsächlich Luzerne und Weizen angebaut, sodass dem Boden alljährlich eine grosse Menge organischer Substanz zugeführt wurde. Das Feld, dem die Erdprobe entstammt, hat allerdings seit 11 Jahren ohne Unterbrechung Zuckerrüben getragen, und wenn auch Köpfe und Blätter stets untergepflügt wurden, so ist eine Vermehrung der organischen Stoffe in dieser Zeit wohl kaum eingetreten. Jedoch kommt als wesentlicher Faktor noch hinzu, dass die Mormonen schon viel mit Stallmist düngen. Da nun ferner das Land, seitdem es dem Ackerbau unterworfen worden ist, unter künstlicher Bewässerung steht, so sind im Boden selbst gewissermassen humide Bedingungen geschaffen worden, während zugleich von der Atmosphäre aus die die Zersetzung

im hohen Grade fördernde heisse Sommertemperatur der ariden Region einwirkt.

Von den Böden Colorados weisen sechs einen zwischen 1,121—1,973 % sich bewegenden Humusgehalt auf, während der Steppenboden von Sugar City nur 0,933 % enthält und somit der humusärmste Boden der Tabelle ist. In Sugar City war die Steppe erst zwei Jahre zuvor zum ersten Male mit dem Pfluge in Berührung gekommen und trug nun zum zweiten Male Rüben. Scheidet man ausserdem noch den Schieferverwitterungsboden von Grand Junction vom Vergleich aus, weil die Erdprobe einem mit älteren Obstbäumen bestandenen Plane entnommen wurde, auf dem infolge Reinhaltung von Unkraut dem Lande nur wenig organische Substanz einverleibt wurde, so ordnen sich die schon längere Zeit dem eigentlichen Ackerbau und künstlicher Bewässerung unterworfenen fünf Böden No. 19 bis 23 hinsichtlich ihres Humusgehaltes in dieselbe Reihenfolge, in die sie nach der Menge der abschlämmbaren Teile zu stellen sind.

Hygroskopisches Wasser und Glühverlust.

Die Bestimmung des hygroskopischen Wassers und des Glühverlustes erfolgte in der in Deutschland üblichen Weise, jedoch gelangte im Interesse des Vergleiches mit der Humusbestimmung ebenfalls der durch das 0,5 mm Sieb gesiebte Boden zur Anwendung.

3 g des durch das 0,5 mm Sieb gesiebten lufttrockenen Bodens wurden bei 18—20° C. in einem kleinen Porzellantiegel abgewogen und im Lufttrockenschranke bei 100—104° C sechs Stunden lang getrocknet. Darauf wurde gewogen, nochmals 2 Stunden getrocknet und wieder gewogen. War dann das Gewicht noch nicht konstant, so wurde das Trocknen weiter fortgesetzt. Der Verlust gibt das hygroskopische Wasser an.

Der Tiegel wurde nunmehr mit kleiner Flamme geglüht, gewogen, mit Wiederholung bis zu konstantem Gewicht, darauf mit kohlensaurem Ammoniak befeuchtet, getrocknet und wieder

schwach geglüht, ebenfalls wiederholt, bis das Gewicht konstant war. Der Verlust beim Glühen ist eben der Glühverlust.

Im Anschluss an den Humusgehalt soll zunächst der Glühverlust besprochen werden.

Bekanntlich kann man aus dem Glühverlust allein noch keine sicheren Schlüsse auf den Gehalt des Bodens an organischen Stoffen ziehen, denn im Glühverlust ist ja auch chemisch und hygroskopisch gebundenes Wasser mit einbegriffen. Mit noch viel grösseren Ungenauigkeiten würde die auf der Glühverlustbestimmung beruhende Schätzung des Gehaltes an der Matière noire verknüpft sein. Würde man die Böden unsrer Tabelle in absteigender Reihe einmal nach dem Glühverlust und ein anderes Mal nach dem Humusgehalte ordnen, so würde auch kein einziger der 24 Böden in den beiden Reihen an dieselbe Stelle zu stehen kommen. Zum Beispiel hat der schwere Lehmboden von El Paso I beim Glühen einen Verlust von 8.87 % erlitten, während der Sandboden von Lake Charles nur 1.83 % verloren hat. Trotz dieser grossen Differenz im Glühverlust ist aber der Humusgehalt beider Böden nahezu gleich, ja der an Glühverlust so sehr viel ärmere Boden ist sogar noch etwas humusreicher (1.177 : 1.087 % Humus).

Im allgemeinen zeigt die Tabelle einen hohen Glühverlust, entsprechend der durchschnittlich grossen Menge der abschlämmbaren Teile. Obenan steht der Boden aus Tucson mit 13.53 %, der Boden enthält sehr viel unzersetzte organische Bestandteile. Am geringsten ist der beim Glühen eingetretene Verlust bei den beiden humiden Sandböden (No. 3 u. 4.) und der kalifornischen Gruppe.

Hygroskopische Feuchtigkeit.

Wenn man die Böden der Tabelle in drei absteigenden Reihen nach ihrem Gehalt an hygroskopischem Wasser, Glühverlust und Humus ordnen würde, so würde man zwar keine genaue Übereinstimmung aber doch eine gewisse Ähnlichkeit der drei Reihen finden. Die Fähigkeit des Bodens, Feuchtigkeit

zu absorbieren, wird einerseits von dem Reichtum an organischen Stoffen und an chemisch gebundenem Wasser, d. h. an Zeolithen, andrerseits vom Tongehalt beeinflusst. Natürlich ist für die Absorption auch der Feuchtigkeitsgehalt der Luft und die Höhe der Temperatur von grosser Wichtigkeit.

Die Wasserkapazität. Zur Bestimmung der Wasserkapazität wurden die E. Wolff'schen Zinkkästen verwendet. Dieselben haben eine quadratische Grundfläche von 3 cm Seitenlänge und eine Höhe von 17 cm. Den Boden bildet ein feines Drahtsieb. Nachdem der Boden mit feuchtem Filtrierpapier bedeckt war und auch die Seitenwände angefeuchtet waren, wurde das Kästchen gewogen. Darauf wurde die lufttrockene Feinerde (< 2 mm) in kleinen Portionen eingefüllt, wobei jedesmal wiederholt auf eine weiche Unterlage aufgestossen wurde, um ein gleichförmiges Setzen des Bodens zu erzielen. Nachdem der Kasten bis zum oberen Rande mit Erde gefüllt war, wurde glatt abgestrichen, unter Vermeidung eines Druckes auf die Bodensäule.

Nunmehr wurde das Zinkgefäss wieder gewogen, etwa 5 mm tief in Wasser eingestellt und mit einer Glasglocke überdeckt. Die konstant bleibende Gewichtszunahme gibt die aufgesogene Wasserquantität an. Dieselbe ist sowohl in Gewichts- als auch in Volumprozenten des Bodens ausgedrückt worden. Das erhaltene Resultat gibt diejenige Wasserkapazität an, die Adolf Mayer als die volle oder grösste bezeichnet.

Die auf das Volumen berechnete Wasserkapazität beträgt bei den 24 Böden 46.97—31.50 Prozent. Wie schon im voraus erwartet werden musste, ist die Wasseraufnahme bei den Böden am grössten, die sich durch hohen Gehalt an organischer Substanz und an abschlämmbaren Teilen auszeichnen, wie die beiden Prairieböden, die humose, tonreiche Arizonagruppe und die schweren Böden aus dem westlichen Texas und aus Neu-Mexiko. Eine mittlere Stellung nimmt in der Tabelle die Coloradogruppe ein, an welche sich die humusreichen, lehmigen Sandböden von Beeville und Lehi anschliessen.

Die geringste Wasserkapazität besitzen der Sandboden von der Küste des mexikanischen Meerbusens (Lake Charles) und die vier kalifornischen Böden, nämlich 35,19—31,50 Prozent. Günstig auf die Wasserkapazität wirkt die bei der Mehrzahl der Böden vorhandene grosse Feinheit der Partikelchen und der durchschnittlich geringe Gehalt an Kies und grobem Gestein.

Aus den Ergebnissen der Wasserkapazitätsbestimmung geht als für die Bewässerung sehr zu beachtendes Moment hervor, dass die Menge des dem Acker auf einmal zuzuführenden Wassers bei verschiedenen Bodenarten zur Vermeidung von Verlusten durchaus verschieden gross bemessen werden muss, auch wenn alle anderen Verhältnisse, wie Neigung der Fläche gegen den Horizont, angebaute Frucht, genau dieselben sind. Auf sandigem Boden wird es angebracht sein, nur relativ geringe Wassermengen auf einmal anzuwenden, aber sehr oft zu bewässern; ein an abschlämmbaren Teilen und an Humus reicher Boden kann dagegen grössere Wassermengen auf einmal zugeführt erhalten und braucht dafür weniger häufig bewässert zu werden.

Ja, bei dem schweren Boden ist es nicht nur möglich, sondern meist direkt erforderlich, bei der einzelnen Wasserzuführung grössere Quantitäten anzuwenden. Eben weil der humose oder tonig-lehmige Boden eine hohe Wasserkapazität besitzt, ist die Oberflächenschicht imstande, eine erhebliche Menge der Flüssigkeit in sich aufzunehmen; das Vordringen nach der Tiefe, das heisst zu den Pflanzenwurzeln, geschieht nur langsam und erfolgt um so weiter, je mehr Überschuss über die der Kapazität der obersten Schicht entsprechende Wassermenge auf den Acker geleitet wird. Da aber bei den schweren Böden das Wasser nur langsam in die Tiefe sickert, ist andrerseits wieder zu berücksichtigen, dass es zwar zweckmässig ist, bei der einzelnen Bewässerung grosse Quantitäten anzuwenden, dass jedoch der Zufluss nur langsam erfolgen darf, wenn ein Ablaufen auf der Oberfläche verhütet werden

soll. Dabei spielt natürlich die Neigung der Oberfläche gegen den Horizont eine wesentliche Rolle.

Das verschiedenartige Verhalten der Bodenarten gegen das Eindringen von Wasser hat schon vor dreissig Jahren v. Liebenberg untersucht. (Siehe Tabelle X).

Bei den Versuchen Liebenbergs war also das Wasser eine halbe Stunde nach dem Aufbringen beim Ton erst 15 mm tief eingedrungen, während es in derselben Zeit im Lehm bereits 100 mm und im feinen Sand 115 mm Tiefe erreicht hatte, und einen Tag nach dem Aufbringen war das Wasser im Ton erst 72 mm, im Lehm und Sand aber schon 169 respektive 160 mm tief eingesickert.

Auf der Versuchsstation Pomona in Südkalifornien sind im Felde selbst Untersuchungen über das Eindringen des Bewässerungswassers in den Boden angestellt worden. Das Land war mit Orangenbäumen bestanden, die Bewässerung geschah in Furchen. Die eine Reihe der Erdproben wurde senkrecht unter der Furche und die andre vier Fuss davon entfernt aufgenommen. Die Probenahme geschah kurz nach der Bewässerung. Die erhaltenen Resultate bringt Tabelle XI:

Tabelle XI.

Glimmerreicher Sandboden	Boden unter der Furche		4 Fuss von der Furche	
	Wasser in %	Wasser in Tons per Acker	Wasser in %	Wasser in Tons per Acker
1. Fuss	6,1	122	3,3	66
2. „	4,3	86	3,8	76
3. „	4,7	94	6,0	120
4. „	6,5	130	7,8	156
5. „	7,8	156	7,3	146
6. „	7,9	158	7,2	144
Mittel resp. Sa.	6,2	746	5,8	708

Tabelle X (nach P. Kresnik[40]).

Bodenart	Eine 2,6 cm hohe Wassersäule versickerte nach			Wassergehalt in einer Tiefe von Millimetern				
	½ Stunde	1 Tage	3 Tagen	10	50	100	150	200
	Millimeter tief			in Gewichts-Prozenten der Erde				
Feiner Sand	115	160	182	13	14	9	6	—
Lössmergel	30	140	155	17	16	12	7	—
Basaltboden	75	110	122	22	21	19	6	—
Granitboden	65	113	122	21	20	17	3	—
Lehm	100	169	180	12	11	11	7	2
Sandmoor	70	—	—	30	27	13	—	—
Ton	15	72	90	26	24	7	—	—

Tabelle XII.

Bodenart	Kapillare Hebung des Wassers nach				Wassergehalt in Gewichts-Prozenten in einer Höhe von			
	½ Stunde	1 Tage	8 Tagen	32 Tagen	10	150	300	600
	Millimeter							
Feiner Sand	215	440	510	610	32	23	21	6
Lössmergel	140	450	620	755	20	20	17	10
Basaltboden	95	310	455	655	34	32	28	21
Granitboden	70	260	450	655	34	29	26	20
Lehm	200	385	528	648	19	20	17	6
Sandmoor	110	310	440	508	36	36	34	4
Ton	3	35	110	265	31	25	13	—

Der Boden wird in dem Berichte als glimmerreicher Sandboden bezeichnet. Bei meiner Anwesenheit in Pomona habe ich ihn, wenn ich nach der blossen Prüfung mit Auge und Hand ein solches Urteil fällen darf, als dem Boden No. 15 der Tabelle VIII ziemlich ähnlich befunden, ausgenommen den

Humusgehalt, der hier geringer zu sein schien. Der Boden No. 15 wurde in etwa 3 km Entfernung von der Versuchsstation in einer Aprikosenanlage aufgenommen.

Bei der Betrachtung der Tabelle fällt sofort auf, dass in dem zweiten und dem dritten Fuss Erde unter der Oberfläche viel weniger Feuchtigkeit vorhanden war als in den tieferen Bodenschichten, und Hilgard schliesst daraus, dass die Orangenbäume ihren Wasserbedarf augenscheinlich aus dem zweiten und dritten Fusse Boden deckten.

Aus den ersten beiden Kolumnen geht ferner hervor, dass das in der Bewässerung zugeführte Wasser trotz der leichten Beschaffenheit des Bodens noch nicht bis zum zweiten Fusse Erde gelangt war. Auch seitwärts war das Wasser noch nicht weit vorwärts gedrungen, wie die beiden letzten Kolumnen erkennen lassen.

Das verschiedenartige Verhalten der Bodenarten hinsichtlich des Versickerns des aufgebrachten Wassers nach der Tiefe und nach der Seite ist nun aber nicht nur für die Häufigkeit der Bewässerung und die jedesmal zuzuführende Quantität von wesentlichem Einfluss, sondern wirkt bestimmend auf das Bewässerungssystem selbst. Die physikalischen und in zweiter Linie auch die chemischen Bodenverhältnisse, Tiefe der Ackerkrume und Beschaffenheit des Untergrundes müssen genau bekannt sein, bevor man mit der Bewässerung beginnt. So ist bei sandigem Boden mit durchlässigem Untergrunde ein Überfluten ausgeschlossen, da der grösste Teil des Wassers dicht unterhalb des Zuleiters in die Tiefe sinken würde. Aber auch bei sehr schwerem Boden ist das Überfluten nicht angebracht, weil das Wasser, wenn es von oben her eingedrungen ist, die Oberflächenschicht zum Zusammenbacken bringt und dadurch die Verdunstung fördert und die Luft abschliesst.

Wird dagegen das Wasser dem Boden durch seitliches Einsickern aus Gräben und Furchen zugeführt, so bleibt die Oberfläche des Ackers trocken und locker, denn wie aus Tabelle XI ersichtlich ist, bewegt sich das Wasser in seitlicher

Richtung nicht horizontal sondern schräg nach unten, und erst das kapillare Aufsteigen leitet der obersten Schicht Feuchtigkeit zu.

Deshalb wird man in beiden Fällen, sowohl bei schwerem wie auch bei tiefgründigem leichten Boden, selbst bei Pflanzen, wie Getreide und Luzerne, für welche man sonst das Überfluten vorzieht, lieber die Bewässerung in Furchen anwenden.

Bei dem Furchensystem wiederum ist einerseits die zulässige Länge, andrerseits die seitliche Entfernung der Furchen von der Bodenart abhängig. Im allgemeinen können die Furchen um so länger sein, je bindiger der Boden ist; je mehr Sand aber der Boden enthält, um so rascher dringt das Wasser in den Grund und die Seitenflächen der Furchen ein, und um so kürzer wird die benetzte Strecke sein. Umgekehrt ist wegen des schnelleren Versickerns des Wassers nach der Tiefe und nach der Seite auf dem leichteren Boden ein grösserer seitlicher Abstand für die Furchen zulässig, besonders dann, wenn die sandige obere Schicht nicht allzu tief und der Untergrund bindig ist.

Eine dritte Art der Bewässerung ist die sogenannte Winterbewässeruug, und damit verbunden die Nutzbarmachung der Niederschläge der späten Herbst- und der Wintermonate. Auch hierbei ist das Verhalten der verschiedenen Bodenarten gegen das Wasser nicht gleichgiltig, sehr im Vorteil sind die Böden, welche ein hohes Wasseraufnahmevermögen besitzen.

Wie aus dem die Regenverhältnisse behandelnden Abschnitte ersichtlich ist, ist in einem grossen Teile des westlichen Nordamerika der jährliche Regenfall nicht nur gering, sondern er ist auch in einer für den Ackerbau sehr ungünstigen Weise über das Jahr verteilt. Das trifft besonders zu für die pacifische Küste und für den südlichen Teil der ariden Region. Westlich der Sierra Nevada fällt etwa die Hälfte der jährlichen Regenmenge im Dezember, Januar und Februar, während die Sommermonate fast regenlos sind. Aber auch dort, wo die Verteilung der Niederschläge günstig ist, muss

eine möglichst hohe Ausnutzung der Winterfeuchtigkeit erstrebt werden, sowohl der auf dem Ackerlande selbst niedergegangenen als auch des Teiles, der sich durch Abfluss in den Wasserläufen gesammelt hat. Nun ist es zwar nur in verhältnismässig wenigen Fällen praktisch durchführbar, die winterlichen Wassermengen der fliessenden Gewässer in grossen Reservoirs oder durch hohe, quer durch das Flussbett gezogene Staudämme bis zur Vegetationszeit aufzubewahren, wohl aber kann in der Regel der Boden selbst als Reservoir benutzt werden, indem man die Wassermengen, die sonst ungenutzt im späten Herbst, im Winter und zeitig im Frühjahr in den Flüssen und Bächen ablaufen würden, auf den Acker leitet und das Land sich vollsaugen lässt. Vorteilhaft wird es bei der Winterbewässerung und auch bei alleiniger Verwertung des auf dem Felde selbst niedergegangenen Regens sein, den Acker vorher in rauhe Furche zu legen.

Je grösser die Wasserkapazität eines Bodens ist, in um so höherem Masse wird er die Winterfeuchtigkeit festzuhalten und den Pflanzen in der Periode des Wachstums zur Verfügung zu stellen vermögen. Doch spielen hierbei noch zwei andere Momente eine Rolle, nämlich erstens das kapillare Leitungsvermögen, die Fähigkeit des Bodens, das in die Tiefe gesunkene Wasser wieder zur Oberfläche und zu den Pflanzenwurzeln emporzuheben, und zweitens die Höhe der Wasserabgabe an die Atmosphäre, die Verdunstung. Diese beiden Faktoren besitzen die gleiche Wichtigkeit natürlich auch bei den anderen Bewässerungsmethoden und bei der Wasserversorgung aus hohem Grundwasserstande (siehe S. 56).

Bei Untersuchungen über die Höhe der Wasserkapillarität verschiedener Bodenarten hat Liebenberg die in Tabelle XII (nach P. Kresnik[40]) angeführten Resultate erhalten.

Wie beim Einsickern des Wassers von oben, so zeigt sich auch bei der Bewegung von unten nach oben der Ton am indifferentesten. Je sandiger der Boden ist, um so rascher

erfolgt zu Anfang das Heben des Wassers; im allgemeinen zeigen die mittleren Bodenarten das günstigste Verhalten.

Ein beträchtlicher Teil des aufgenommenen Wassers geht dem Boden durch Verdunstung wieder verloren. Über die Höhe der Wasserentziehung durch die Atmosphäre stellte F. H. King mit zwei verschiedenen Böden Untersuchungen an:

Von vier galvanisierten Eisenröhren, die 0,4611 Quadratfuss Querschnitt und 10 Fuss Länge besassen, wurden je zwei bis zum oberen Rande mit sandigem Lehm und mit einem Tonboden gefüllt. Das Einfüllen der Erde geschah in kleinen Portionen, die jedesmal etwas festgestossen wurden. Von je einer Lehm- und Tonsäule wurden 3 Zoll Boden wieder herausgenommen und soviel davon als lockere Schicht zurückgegeben, dass die Röhre wieder vollständig gefüllt war. Beim Einfüllen enthielt:

der sandige Lehm 18,88 % Feuchtigkeit,
„ Tonboden 32,63 % „

Die Bodensäulen blieben nun 314 Tage stehen.

Darauf wurden die Röhren in 6 Zoll lange Stücke geschnitten und in jedem Teilstück die Feuchtigkeit ermittelt, wie sie Tabelle XIII angibt.

Vor dem Einbringen in die Röhren hatte der Feuchtigkeitsgehalt des Tonbodens 32,63 % betragen, bei der Beendigung des Versuchs enthielt selbst die unterste Schicht nur noch 31,25 % bei gelockerter und 29,46 % bei nicht gelockerter Oberfläche. Die Verdunstung hatte also, verbunden mit der Kapillarkraft, selbst der in zehn Fuss Tiefe befindlichen Bodenschicht noch Wasser entzogen. Beim sandigen Lehm hatte jedoch in der Tiefe von 114—120 Zoll der Feuchtigkeitsgehalt gegenüber dem Anfangsstadium zugenommen, denn in dem untersten Teilstück der beiden Röhren wurden 19,21 % Wassergehalt bei dem an der Oberfläche gelockerten und 19,95 % beim nicht gelockerten Boden gefunden, gegenüber 18,88 % bei Beginn des Versuchs. Danach scheint bei dem leichteren Boden das

Tabelle XIII.

Unter der Oberfläche		sandiger Lehm		Tonboden	
		3 Zoll tief gelockert %	nicht gelockert %	3 Zoll tief gelockert %	nicht gelockert %
0—6	Zoll	8,83	7,41	17,66	7,79
6—12	„	12,97	14,48	24,59	18,30
12—18	„	14,59	14,70	26,58	21,46
18—24	„	15,25	14,96	26,95	26,26
24—30	„	15,55	15,53	27,45	26,89
30—36	„	15,89	16,17	27,92	27,16
36—42	„	16,22	16,33	27,94	27,61
42—48	„	16,29	16,33	28,24	27,64
48—54	„	16,58	16,10	28,46	27,28
54—60	„	17,07	16,76	28,47	28,23
60—66	„	17,05	17,31	28,87	27,79
66—72	„	17,26	17,43	28,70	28,05
72—78	„	17,56	17,79	29,24	28,93
78—84	„	17,78	17,88	29,28	28,31
84—90	„	17,94	17,85	29,35	28,32
90—96	„	17,96	17,67	29,79	28,80
96—102	„	18,25	18,05	30,32	29,14
102—108	„	18,67	18,09	31,15	29,16
108—114	„	18,53	18,63	30,47	29,33
114—120	„	19,21	19,95	31,25	29,46

Wasser zunächst nach der Tiefe gesickert und dann erst wieder durch Einwirkung der Verdunstung auf die Oberfläche den Weg nach oben angetreten zu haben, sodass in der Tiefe von 108—114 Zoll der Wassergehalt am Schluss des Versuchs geringer war als am Beginn. Ferner beweisen Kings Versuche bei beiden Böden, dass das Lockerhalten der Oberfläche feuchtigkeitssparend wirkt.

Ein noch übersichtlicheres Beispiel für die Verminderung der Verdunstung durch die Bodenbearbeitung und durch die dadurch veranlasste Störung der Kapillartätigkeit geben einige der landwirtschaftlichen Praxis selbst entnommene Zahlen,

welche Hilgard in seinen Untersuchungen über „Endurance of Drought in soils of the arid region", im Jahresbericht der landw. Versuchsstation von Kalifornien für 1897—98, anführt.

Von zwei mit Aprikosen bestandenen Plänen, die nur durch einen schmalen Weg voneinander getrennt und vollständig gleicher Beschaffenheit waren, blieb der eine im Jahre 1898 unkultiviert, während bei dem anderen die Oberfläche durch sorgfältige Kultur locker erhalten wurde. Bewässerung erfolgte auf keinem der Pläne. Die im Juli ausgeführte Feuchtigkeitsbestimmung gab das aus Tabelle XIV ersichtliche Resultat.

Tabelle XIV.

Tiefe im Boden	kultiviert		nicht kultiviert	
	%	Tonnen pro Acker	%	Tonnen pro Acker
1. Fuss	6,4	128	4,3	86
2. „	5,8	116	4,4	88
3. „	6,4	128	3,9	78
4. „	6,5	130	5,1	102
5. „	6,7	134	3,4	68
6. „	6,0	120	4,5	90
Mittel resp. Sa.	6,3	756	4,2	512

Der nicht kultivierte Boden hatte demnach ein volles Drittel mehr Feuchtigkeit an die Luft abgegeben als der Boden, dessen Oberfläche locker erhalten worden war.

IV. Das für die künstliche Bewässerung zur Verfügung stehende Wasser.

1. Die Beschaffung des Wassers.

Eine Bewässerungswirtschaft kann ihren Bedarf aus einem oberirdischen oder aus einem unterirdischen Wasservorrate decken. Unter den oberirdischen Wasserquellen

stehen an erster Stelle die fliessenden Gewässer, nämlich Flüsse, Bäche und Sturmwasser. An zweiter Stelle kommen die stehenden Gewässer in Betracht, nämlich Seen und Sammelbecken.

Die unterirdischen Quellen für Bewässerungswasser sind gewöhnliche und artesische Brunnen, Quellen und Sickerwasser, das unterhalb von hochgelegenen Bewässerungsdistrikten an die Oberfläche tritt.

Das oberirdische Wasser.

Von dem Wasser, welches die Niederschläge dem Boden zuführen, wird ein Teil zum Aufbau des pflanzlichen Organismus verwendet, ein anderer wird durch Verdunstung wieder an die Atmosphäre abgegeben, ein dritter fliesst auf der Oberfläche ab. Ein vierter Teil sinkt in die Tiefe, bis er auf eine schwer oder nicht durchlässige Schicht stösst, und fliesst auf derselben in seitlicher Richtung weiter. Tritt dann die undurchlassende Bodenschicht zu Tage, so kommt auch das Wasser wieder an die Oberfläche, sei es in einer selbständigen Quelle oder sei es in einem Flussbett, das in die wasserführende Schicht einschneidet, und bildet nun zusammen mit dem oberflächlich abgeflossenen Regenwasser als „runoff“ oder „Abflusswasser“ die fliessenden und stehenden Gewässer.

Da das Abflusswasser einen Teil des gefallenen Niederschlages darstellt, ist seine Menge von der Regenhöhe abhängig. Ausserdem üben aber noch eine ganze Reihe anderer Faktoren einen bestimmenden Einfluss auf die Menge des abfliessenden Wassers aus, nämlich die Neigung der Bodenfläche gegen den Horizont, die physikalische Beschaffenheit der Oberflächenschicht und des Untergrundes, die geologische Schichtung des Bodenmaterials, das Vorhandensein oder Fehlen einer Vegetation, die Intensität der die Verdunstung fördernden klimatischen Elemente, der Wärme und des Windes, und die Geschwindigkeit, mit welcher der Regen niedergeht.

Gerade die Wirkung des zuletzt genannten Momentes macht sich im regenarmen nordamerikanischen Westen in einer für die Nutzbarmachung des Abflusswassers sehr wenig vorteilhaften Weise bemerkbar. Denn wie aus dem die Regenverhältnisse schildernden Abschnitte hervorgeht, kommt etwa ein Drittel der gesamten Niederschlagshöhe in heftigen, wolkenbruchähnlichen Güssen, sodass der ausgedörrte Boden nur einen verschwindenden Teil der Flüssigkeit vor dem oberflächlichen Ablaufen bewahren kann.

Im allgemeinen gilt jedoch die Regel, dass mit grösserer Regenhöhe auch die Menge des Abflusswassers zunimmt.

Die kleineren Flüsse und Bäche könnten für den Ackerbau dann am besten nutzbar gemacht werden, wenn sie die von ihnen jährlich zu Tal geführten Wassermengen zum grösseren Teile kurz vor oder in der Vegetationszeit brächten, grosse Flüsse dagegen, wenn ihre Ergiessung stets gleich stark bliebe. Wenn man jährlich und monatlich nur mit ein und derselben Wassermenge zu rechnen hätte, würde insonderheit die Anlage von Stauwerken verhältnismässig einfach sein. Nun ist aber der Wasserstand bei sehr vielen Flüssen der ariden Region ganz ausserordentlich hohen und überaus schnell eintretenden Schwankungen unterworfen, in einem heute nahezu trocknen Flussbett kann in wenigen Tagen ein gewaltiger Strom sich dahinwälzen, der Brücken, Staudämme und Schleusen und alles, was Menschenkunst und Menschenfleiss erbaut hat, um ihn in seinen Dienst zu zwingen, mit ungestümer Macht hinwegreisst, und wieder wenige Tage später ist von den ungeheuren Wassermassen nur ein kleines Flüsschen übrig geblieben.

Darum genügt es nicht die Wassermenge, die ein fliessendes Gewässer mit sich fortführt, und die Höhe des Abflusses aus dem zugehörigen Entwässerungsgebiete nur im Jahresmittel zu kennen, vielmehr ist auch die Kenntnis der Ergiessung und des Abflusses, die monatlich und täglich erfolgen, von hoher Wichtigkeit.

Von seiten der geologischen Abteilung des Ministeriums des Innern in Washington werden seit einer Reihe von Jahren unter der Leitung F. H. Newells die abfliessenden Wassermengen der wichtigeren Flüsse regelmässig gemessen. Das Ergebnis für einige Flüsse des Westens, wie es von H. M. Wilson[4]) zusammengestellt ist, gibt Tabelle XV an.

Wie sehr der Wasserstand in einem Flusse wechseln kann, zeigt am deutlichsten der Salt River in Arizona, für den die Tabelle als höchste Ergiessung 143290 und als geringste Ergiessung nur 320 Kubikfuss angibt (pro Sekunde). Auch bei allen anderen angeführten Flüssen differieren Maximum und Minimum ganz beträchtlich. Die Tatsache, dass das Jahresmittel der pro Sekunde erfolgenden Ergiessung der unteren Grenze weit näher liegt als der oberen, lässt erkennen, dass der Wasserstand für gewöhnlich ein niedriger ist und nur für eine kurze Zeit des Jahres, oder vielmehr für eine Reihe kurzer Perioden, hoch ansteigt.

Aus der Menge des von einem Flusse fortgeführten Wassers und der Grösse des Entwässerungs- oder Auffang-Gebietes lässt sich die Abflusshöhe, das heisst der durch Abfluss verlorengehende Teil der Regenhöhe, für das Flussgebiet berechnen. Die mittlere jährliche Abflusshöhe variiert in der Tabelle XV von 25,44 Zoll für das Gebiet oberhalb Hamptonville am San Joaquin bis 0,70 für das Flussgebiet des Rio Grande oberhalb el Paso. Die Zahlen sind Durchschnittszahlen für die ganze in Betracht kommende Fläche, natürlich ist die mittlere jährliche Abflusshöhe im Quellgebiet viel grösser, in dem unteren Teile dagegen niedriger als die Durchschnittszahl.

Da das Quellgebiet seiner hohen Lage wegen der an Niederschlägen reichste Teil des ganzen Flussgebietes zu sein pflegt, sind seine topographischen und klimatischen Verhältnisse von grossem Einfluss auf die Höhe und die Geschwindigkeit des Abflusses. Der für die Regulierung der Abflussgeschwindigkeit wichtigste Faktor ist ohne Zweifel das Fehlen oder Vorhandensein von W ä l d e r n auf den Gebirgen. Der Waldboden ist

Tabelle XV.

Stromergiessung und Abfluss.

Flussgebiet	Staat	Beobachtungs-Station	Meereshöhe in Fuss	Entwässerungsgebiet Quadrat-Meilen	Ergiessung				Abfluss			
					Maximum Kubikfuss pro Sekunde	Minimum Kubikfuss pro Sekunde	Jahresmittel Kubikfuss pro Sekunde	Im ganzen Jahr „Ackerfuss“	Höhe in Zoll			Pro Quadratmeile i. Jahr. Kubikfuss pro Sekunde
									Max.	Min.	Jahresmittel	
W. Gallatin	Mont.	Spanish Creek	5380	850	7000	280	975	710000	5,48	0,39	15,70	1,15
Madison	„	Red Bluff	5020	2085	6420	910	1930	1430000	2,67	0,55	12,60	0,93
Missouri	„	Craig.	3028	17615	28650	1740	5100	3800000	1,34	0,14	4,00	0,27
Yellowstone	„	Horr.	5120	2700	15500	285	2880	2180000	4,17	0,12	15,12	1,11
Arkansas	Color.	Canyon City	5330	3060	4750	180	814	570000	1,20	0,08	3,80	0,27
Rio Grande	„	Del Norte	7865	1400	5900	200	1040	755000	3,57	0,21	10,12	0,74
„ „	N.-Mexiko	Embudo	5806	7000	8555	130	1280	920000	0,98	0,02	2,70	0,18
„ „	Texas	El Paso	3697	30000	16620	0	1490	1090000	0,45	—	0,70	0,05
Salt River	Arizona	Phoenix	—	12260	143290	320	3170	2297000	—	—	3,50	0,26
East Carson	Nevada	Rodenbah	—	415	5540	290	760	550000	7,38	1,00	25,00	1,84
Bear	Utah	Colliston	—	6000	8220	340	2210	1600000	1,52	0,06	5,00	0,37
Weber	„	Devil Gate	—	1600	7280	100	980	690000	3,26	0,13	8,07	0,59
Provo	„	Provo	4456	640	2340	144	519	376000	3,47	0,26	11,01	0,81
Sevier	„	Leamington	4674	5595	2330	35	485	350000	0,35	0,01	1,15	0,09
Snake	Idaho	Idaho Falls	4714	10100	54300	2250	9380	6870000	4,56	0,20	12,72	0,94
Weiser	„	Weiser	2125	1670	11220	80	1211	877000	—	—	9,85	0,72
Owyhee	Oregon	Rigsby	—	9875	18000	170	2114	1536000	1,53	0,02	2,90	0,21
Sacramento	Kaliforn.	Collinsville	0	26187	160000	5050	37630	26000000	—	—	16,32	1,20
Cosumnes	„	Live Oak	150	580	—	—	1234	914000	—	—	29,52	2,18
Tuolumne	„	Modesto	90	1500	22900	130	2685	1960000	—	—	22,56	1,64
San Joaquin	„	Hamptonville	20	1637	59800	260	3074	2220000	—	—	25,44	1,84
Kern	„	Foothills	—	2345	4070	145	1110	650000	—	—	5,22	0,38

verhältnismässig locker und porös und ist mit einer mehr oder minder hohen Laub- und Streuschicht bedeckt. Der Regen wird vollständig oder doch zum grössten Teil von der organischen Schicht und dem lockeren Boden aufgesogen und tritt erst allmählich weiter unterhalb als Quellwasser wieder zu Tage.

Fehlt dagegen der Waldbestand, so ist der Boden in der Regel hart und fest, das Regenwasser dringt daher nicht in den Boden ein, sondern läuft infolge der Unebenheit des Bodens rasch auf der Oberfläche ab.

In gleicher Weise gestaltet sich der Abfluss des geschmolzenen Schnees bei bewaldetem und unbewaldetem Auffanggebiet. Hier wird der Gegensatz noch dadurch wesentlich verschärft, dass der Baumbestand auch das Schmelzen des unter ihm liegenden Schnees reguliert, denn die Schneeschmelze beginnt im Walde nicht nur später, sondern erfolgt auch langsamer und allmählicher als auf unbewaldetem Gelände. Auch die Verdunstung von der Schneedecke ist nach Untersuchungen L. G. Carpenters[12]) dort wo der schützende Wald fehlt, unter der Einwirkung starker Winde erheblich.

Dieser für die Wasserwirtschaft so überaus wichtigen Tätigkeit des Waldes hat man in Amerika lange Zeit keine Beachtung zu teil werden lassen, man nahm sich kein warnendes Beispiel an den traurigen wirtschaftlichen Erfahrungen, welche in den ariden Ländern der alten Welt mit der Wälderverwüstung gemacht sind, in dem Lande der Freiheit hatte ein jeder nur seinen eignen privaten Vorteil im Auge, und so ist die Ausbeutung und Abholzung der Wälder rücksichtslos betrieben worden, wo immer die Möglichkeit zur Verwertung des Holzes gegeben war. „Möglichst viel und möglichst rasch Geld zu machen“ ist ja das Ziel und Streben jedes echten Amerikaners, und dieser Grundsatz kam auch in der Waldwirtschaft voll und ganz zur Anwendung.

Noch jetzt wird die Abholzung intensiv weiterbetrieben, ohne dass man im allgemeinen an eine entsprechende Wiederaufforstung denkt. In anerkennenswerter Weise hat zwar die

Ta

Monatliche und jährliche

Fluss	Beobachtungs-station	Beob-ach-tungs-jahr	Abfluss-gebiet in Quadrat-meilen	Januar	Februar	März
	Kalifornien.					
Kern River	Bakers field	1897	2345	22935	44930	56753
Kings „	Red Mountain	„	1742	26870	90581	115843
San Joaquin	Hernon	„	1637	40275	144286	142960
Tuolumne	Lagrange	„	1501	75692	287238	247920
Stanislaus	Oakdale	„	1051	37446	180607	117750
	Arizona.					
Salt River	—	„	—	312000	107000	236000
	Texas.					
Rio Grande	El Paso	„	30000	18753	10774	4427
	Colorado.					
Arkansas	Pueblo	1899	4600	25026	33489	24964
	Utah.					
Logan River	Logan	„	218	14081	12551	14204
	Idaho.					
Boise River	Boise City	„	2450	159253	78141	113014

Regierung der Vereinigten Staaten schon einigen Wandel geschaffen, sie hat im Gebirge, besonders in den Quellgebieten wichtigerer Flüsse, mehr als 47 Millionen Acker Hochwald und lichtbewaldete Fläche, das heisst etwa zwei Fünftel der Waldungen der westlichen Staaten, unter Regierungsschutz gestellt und ist besonders auch bestrebt, die gewaltigen Waldbrände möglichst einzuschränken, die alljährlich in der trockenen Jahreszeit geradezu unersetzlichen Schaden anrichten. Aber im Interesse einer rationellen Wasserwirtschaft wäre doch noch eine bedeutende Vermehrung dieser „Waldreservationen“ der Regierung, verbunden mit der Durchführung einer geregelten Forstwirtschaft, zu wünschen.

XVI.

Ergiessung in „Ackerfuss".

Mai	Juni	Juli	August	Septbr.	Oktober	Novbr.	Dezemb.	Jahr
81613	137395	61857	28838	17554	20906	21124	25948	893248
89731	365652	133859	45440	19577	24226	41177	60566	2129964
32855	348812	153290	55216	13507	17155	51887	59520	2248979
33121	337566	134105	14573	5117	13650	45699	67883	2422827
50338	123590	35786	12175	9045	10822	15174	25272	1319333
91000	30000	18000	45000	139000	48000	33000	35000	1507000
11085	362678	81778	8117	41960	108095	67358	41812	1360374
3484	201362	125620	49867	14162	18631	22254	20107	663839
0582	87471	67636	31851	22552	20783	18089	17401	369158
3193	725118	353062	109017	68430	83008	89494	96290	2900202

Die Flüsse und Bäche. Ein Blick auf die Karte Nordamerikas lehrt uns, dass der östlich des Felsengebirges liegende Teil der Vereinigten Staaten reich an Wasserläufen ist. Hier dehnt sich das ungeheure Stromgebiet des Mississippi aus, dessen grössere rechte Nebenflüsse alle den östlichen Teil der ariden und semiariden Region durchfliessen. Dagegen ist das westlich und südlich des Felsengebirges sich erstreckende Gebiet arm an Wasserläufen. Die vier grösseren Flussgebiete, die ins Meer entwässern, sind das des Columbia, des Sacramento, des Colorado und des Rio Grande.

Was die Benutzung des Flusswassers zu künstlicher Bewässerung anbetrifft, so sind gerade die Hauptflüsse für den

Ackerbau von geringer Bedeutung, zum Teil sogar nahezu wertlos. Der Columbia mit dem Snake River in Idaho und Washington, der Colorado mit dem Green River in Utah und Arizona, der Rio Grande im nördlichen Neu-Mexiko, der obere Yellowstone in Montana — sie alle fliessen während eines grossen Teiles ihres Laufes durch enge, tiefe Täler, sodass ein Aufstauen des Wassers bis zum Rande des mächtigen Flussbettes unmöglich ist. Der Colorado hat sein Canon beinahe 6000 Fuss tief in den Felsen eingeschnitten.

Aber auch wenn das Mass der zu erreichenden Stauhöhe kein Hindernis bildet, so ist doch die Heranziehung der grossen Flüsse zu künstlicher Bewässerung in der Regel mit Schwierigkeiten verbunden und im grösseren Massstabe nur mit grossen Kosten durchführbar. Der Bau der zum Aufstauen der gewaltigen Wassermenge erforderlichen massiven Stauwerke kann im allgemeinen nur vom Staate selbst ins Werk gesetzt werden, auch ist zuweilen die schon erwähnte Eigenschaft der Flüsse der ariden Region, periodenweise sich innerhalb weniger Stunden aus kleinen Bächen in gewaltige Ströme zu verwandeln, ein zwingender Grund, auf solide Stauwerke zu verzichten, da die Kosten mit dem erzielten Nutzen nicht im Einklang stehen würden.

Einer Wasserentnahme durch seitliche Kanäle mit Hilfe niedriger Flügeldämme wirkt in den unteren Teilen der grossen Flussläufe der Umstand entgegen, dass in der Ebene der Fall des Geländes in der Regel zu niedrig ist, um eine grössere Fläche „unter den Bewässerungsgraben“ zu bringen.

Dem Heben des Wassers mit Dampf-, Wind- oder Wasserkraft würden hier natürlich keine technischen Hindernisse im Wege stehen, und so wird zum Beispiel der Reis in Louisiana und Texas fast ausschliesslich mit Wasser versorgt, das dem unteren Mississippi und kleineren Küstenflüssen durch Pumpen entnommen wird.

Bei den kleinen Flüssen und Bächen ist meistens eine ziemlich vollständige Ausnutzung zu Bewässerungszwecken

möglich, und da das Wasser gewöhnlich durch seitliche Ableitung, verbunden mit einem geringen Aufstauen, entnommen werden kann, ohne dass Pumpwerke in Tätigkeit zu treten brauchen, so bilden die kleineren fliessenden Gewässer die erwünschteste Art der Wasserversorgung. Nur wenn das Flussbett verhältnismässig tief in das Gelände eingeschnitten ist, liegen die Verhältnisse ungünstiger, denn dann ist entweder ein Aufstauen des Flusses durch einen hohen, massiven Querdamm erforderlich, oder die Einlassschleuse des Bewässerungskanals muss weit am Flusse aufwärts angelegt werden. Die durchschnittlich beste Stelle zur Wasserentnahme ist an dem Punkte, wo der Fluss die Ebene betritt.

Wenn das Flusswasser möglichst vollkommen in den Dienst des Ackerbaus gestellt werden soll, so ist darnach zu streben, die abfliessende Wassermenge auch in den Monaten festzuhalten, in denen eine sofortige Zuleitung auf das Ackerland nicht erfolgen kann. Das Wasser wird dann in natürlichen Geländesenkungen oder künstlichen Reservoirs aufgesammelt und zur Zeit des Bedarfs wieder in das Kanalnetz eingelassen. Ein derartiges Aufspeichern hat besonders dann zu geschehen, wenn die Wasserläufe im Herbst, im Winter oder zeitig im Frühjahr sehr wasserreich, in der Vegetationszeit aber wasserarm oder gar wasserlos sind, oder wenn überhaupt der Fluss oder Bach in den Bewässerungsmonaten nicht genügend Wasser führt, um den Bedarf des ganzen in Kultur genommenen Landes zu decken.

Tabelle XVI auf Seite 68/69 gibt für einige Flüsse des amerikanischen Westens die Ergiessung der einzelnen Monate und des ganzen Jahres an, sie ist nach Berichten der geologischen Abteilung des Ministeriums des Innern und der Versuchsstation von Arizona zusammengestellt worden und soll einige willkürlich gewählte Beispiele für die abweichende Höhe der in den einzelnen Monaten abgeführten Wassermassen bieten.

Die „Sturmwasser." Dort wo in den waldlosen unteren Teilen und Ausläufern des Gebirges der Regen in heftigen

Güssen niederzugehen pflegt, sammelt sich das in grossen Mengen auf der Oberfläche ablaufende Wasser in sonst trockenen Schluchten und Einschnitten an und stürzt mit grosser Geschwindigkeit zu Tale. Diese „Sturmwasser" können, wenn sie an Menge gering sind, durch Errichten eines niedrigen Dammes in der Schlucht selbst, wenn sie eine grössere Wassermenge darstellen, durch Ableiten in natürliche oder künstliche Geländeeinsenkungen für die Bewässerung aufbewahrt werden, sie sind jedoch im allgemeinen als nicht sehr zuverlässige Wasserversorgung anzusehen. Da nämlich die heftigen Niederschläge der ariden Region in ganz unregelmässigen Perioden erfolgen und die niedergehende Wassermenge grossen Schwankungen unterliegt, ist auch die Wassermenge, welche die Rinne eines Sturmwassers herniederführt, in den verschiedenen Jahren sehr wechselnd, sodass man sie in dem einen Jahre nicht in ihrer vollen Höhe ausnutzen kann, während sie im anderen Jahre zur Befriedigung des Bedarfs nicht ausreicht.

Die Seen und Sammelbecken. Das abflusslose grosse Becken zwischen den Rocky Mountains und der Sierra Nevada besitzt eine reiche Zahl von grossen und kleinen Landseen; auch Kalifornien hat solche Seen aufzuweisen, und ebenso die genannten beiden Gebirgszüge selbst. Diese grossen Wasseransammlungen werden gewöhnlich von Flüssen gespeist; die Seen im Gebirge besitzen oftmals nicht einen derartigen beständigen Zufluss und sind dann als Sammelbecken des von den umgebenden Höhen abfliessenden Regen- und Schneewassers anzusehen. Solche Sammelbecken lassen sich oftmals mit leichter Mühe künstlich herstellen, durch Aufwerfen eines Dammes vor dem Ausgange eines Gebirgstales. Zum Beispiel deckt die Stadt San Francisco ihren Wasserbedarf zum grössten Teile aus einem grossen, künstlichen Sammelbecken, das durch Aufführen eines hohen, massiven Steindammes, des San Mateo-Dammes, abgeschlossen worden ist.

Die natürlichen und künstlichen Gebirgseen sind als wertvolle Wasserversorgungsquelle für die Bewässeruugs-

wirtschaft zu betrachten, besonders wenn sie umfangreich sind und von den Höhen herab reichlichen Zufluss erhalten. Der Verlust durch Verdunstung ist der hohen Lage wegen gering. Allerdings hat das Wasser in der Regel einen weiten Weg zurückzulegen, ehe es den Acker erreicht, auf dem es seine befruchtende Wirkung entfalten soll. Meistens ist es jedoch mit geringen Kosten möglich, dem See einen Abfluss in den Lauf eines Baches oder Flusses zu eröffnen und in diesem in die Ebene hinabzulassen. Der Eigentümer des Gebirgssees ist dann berechtigt, aus dem Flusse im Tale wieder soviel Wasser zu entnehmen, als er in den Bergen hat einfliessen lassen.

Wesentlich ungünstiger verhält sich die Ausnutzungsmöglichkeit bei den stehenden Gewässern der Ebene. Besitzt der See einen natürlichen Abfluss oder liegt er hoch genug, dass er einen zu erbauenden Bewässerungsgraben noch mit Hilfe der Schwerkraft speisen kann, so ist allerdings auch hier die Wasserentnahme mit geringen Kosten verknüpft. Liegt der See an der tiefsten Stelle einer flachen Geländeeinsenkung, wie es ja wohl durchschnittlich der Fall sein wird, so kann trotzdem, wenn auch vielleicht im beschränkten Masse, eine Benutzung des Wassers stattfinden und das Heben desselben mit Wind- oder Dampfkraft wirtschaftlich noch gewinnbringend sein.

Aber ein anderer Umstand schliesst die Binnenseen häufig von der Heranziehung zu Bewässerungszwecken aus oder gebietet doch wenigstens, ihr Wasser nur mit grosser Vorsicht zu benutzen. Die Seen sind nämlich alle sehr reich an Alkalisalzen. Die in das abflusslose Wasserbecken sich ergiessenden Flüsse und Bäche nehmen die löslichen Natron- und Kaliverbindungen aus dem damit reichlich versehenen ariden Boden auf und führen sie dem See zu. Während nun das Wasser durch Verdunstung wieder verloren geht, bleiben die Salze zurück, und ihre Menge steigt von Jahr zu Jahr.

Wird das Seewasser auf das an sich schon alkalireiche Ackerland geleitet, so fällt auch hier das Wasser fast voll-

ständig der Verdunstung anheim, während die Salze den Alkaligehalt des Bodens wesentlich vermehren, und dadurch kann schon nach wenigen Jahren der Natrongehalt des Bodens soweit gesteigert sein, dass die Vegetation versagt.

So sah man sich schon gezwungen, auf die Verwendung des Wassers der Landseen zu verzichten, da ist es wieder Hilgard gewesen, der wie beim Alkaliboden so auch beim Alkaliwasser den rechten Weg gewiesen hat, auf dem eine Verwertung erfolgen kann. Zunächst wies Hilgard darauf hin, dass das Wasser der Seen im allgemeinen nicht schon in seinem gewöhnlichen Zustande dem Pflanzenwachstum nachteilig sei, sondern erst dann, wenn infolge von Verdunstung die Salzlösung sehr konzentriert geworden sei. Die Hilfsmittel gegen das Ansammeln nachteilig wirkender Salzmengen sind genau dieselben, die Hilgard schon zur Anwendung gegen das Übermass des Natrons, das dem Boden selbst direkt entstammt, empfohlen hat, nämlich Unschädlichmachen des kohlensauren Natrons durch Gips, Verringerung der Verdunstung, und als Radikalmittel die Drainage, nur muss hier die Anwendung noch intensiver erfolgen.

Den Gips kann man entweder schon im Zuleitungsgraben oder auch erst auf dem Felde auf das Wasser einwirken lassen.

Einmal im Jahr aber müssen unbedingt reichliche Wassermassen auf das Land geleitet werden, um das in der Bewässerungszeit zugeführte Natron wieder auszuwaschen. „Keine Bewässerung ohne Entwässerung“ ist einer der Hauptlehrsätze der Bewässerungswirtschaft, aber in keinem anderen Falle ist die Befolgung dieses Satzes nötiger als dort, wo man zur Bewässerung alkalireichen Landes nur alkalireiches Wasser zur Verfügung hat.

Bei sandigem, durchlässigem Boden sind gewöhnlich keine besonderen Vorkehrungen nötig, das in reichlichen Mengen angewandte Wasser wird leicht bis zum Grundwasser eindringen

und dadurch die Salze fortschwemmen. Schwere, wenig durchlässige Böden aber müssen drainiert werden; am besten entwässert natürlich die Röhrendrainage.

Das unterirdische Wasser.

Nach den Angaben Newells[5]) erhalten neunzig Prozent des bewässerten Landes in den Vereinigten Staaten ihr Wasser aus oberirdischen Gewässern, während die unterirdischen Wasservorräte nur 10 Prozent versorgen. Da das in den tieferen Erdschichten sich vorfindende Wasser seinen Ursprung von den Niederschlägen herleitet, ist es leicht erklärlich, dass die aride Region durchschnittlich einen niedrigeren Grundwasserstand als die humide aufzuweisen hat. Wie sehr das oberirdisch zugeführte Wasser den Grundwasserspiegel zu heben vermag, dafür können aus zahlreichen Bewässerungsdistrikten Beweise angeführt werden. Einer mündlichen Mitteilung zufolge ist zum Beispiel in Turlock im Grossen Tal von Kalifornien der Grundwasserstand nach zweijähriger Bewässerung von 30 Fuss auf 24 Fuss unter der Oberfläche gestiegen.

Die gewöhnlichen Brunnen.

Ein tiefer, reichlichen Zufluss erhaltender Brunnen, dem das Wasser mit Hilfe einer Pumpe entnommen wird, ist die zuverlässigste Quelle für den Ersatz des fehlenden Regens. Allerdings sind die Kosten bei der Bewässerung aus Brunnen in der Regel erheblich höher als dort, wo das Wasser nicht gehoben zu werden braucht.

Die Tiefe der Brunnen und die Wassermenge, die man aus ihnen gewinnen kann, sind vollständig von der topographischen und geologischen Beschaffenheit einer Gegend abhängig. In Flusstälern stösst man meistens schon in geringer Tiefe auf reichliche Wassermengen, während man in einiger Entfernung vom Flusse vielleicht mehrere hundert Fuss tief bohren muss, ehe die dauernde Versorgung gesichert ist. Um jedoch einige Beispiele anzuführen, sind in Tabelle XVII die bezüglichen

Tabelle XVII.

Brunnen des westlichen Nordamerika.
Tiefe und Wassermenge.

Ort	Staat	Anzahl der Brunnen	Tiefe in engl. Fuss	Wasserspiegel unter der Oberfläche, Fuss	Kraftstärke der Pumpen in Pferdekräften	Gehobene Wassermenge. Gallonen pro Minute
Crowley	Louisiana	1	250	16	35	1000
Fort Smith	Texas	—	200	20	—	—
Beeville	„	1	86	32	5,5	400
El Paso I	„	1	62	12	5	450
„ „ II	„	1	50	10	—	—
„ „ III	„	1	60	12	8	400
„ „ IV	„	1	73	—	10	500—600
Las Cruces	Neu-Mexiko	1	20	15	—	500
Riverside	Kalifornien	6	—	—	100	2700
Ethanac I	„	4	—	55	350	1700—1800
„ II	„	12	—	—	160	4500
Redlands	„	1	—	—	63	945—990
Pomona	„	9	200	80—90	130	1350
Tulare I	„	1	120	—	30	1000
„ II	„	1	120	—	30	1000
„ III	„	1	120	—	2	35
San José	„	3	—	58	35	1000

Masse für mehrere Brunnen zusammengestellt worden. Die Zahlen beruhen ausschliesslich auf mündlichen Mitteilungen, die mir während des Aufenthaltes in den einzelnen Distrikten von Farmern, Ingenieuren und Bewässerungsbeamten gemacht wurden.

Die Angaben beziehen sich sämtlich auf mit Dampfkraft betriebene Pumpstationen. Der Dampf ist zuverlässiger und leistungsfähiger als der Wind oder gar die tierische Kraft. Zwar wird auch die Energie des Windes in ausgedehntem Masse zum Heben des Wassers benutzt, ja in vielen Teilen der Vereinigten Staaten besitzt fast jede Farm einen Windmotor zum Beschaffen des Wassers für Haushalt und Vieh,

aber für den Zweck der künstlichen Bewässerung kommt der Windmotor im Wesentlichen nur auf der „Grossen Ebene" zwischen dem Felsengebirge und dem Mississippi in Betracht.

Es ist kein blosser Zufall, dass Kalifornien und Texas in der Tabelle besonders stark vertreten sind, vielmehr hat gerade in diesen beiden Staaten die Bewässerung mit Brunnenwasser grosse Ausdehnung gewonnen.

Die artesischen Brunnen.

In den tiefen Brunnen, welche die Tabelle XVII anführt, steigt zwar das Wasser noch nicht bis zur Oberfläche, doch steht es derselben zum Teil schon recht nahe. Verschiedene Gegenden des westlichen Nordamerika gibt es jedoch, in denen man bei genügend tiefem Bohren artesisches Wasser erhalten kann. In ausgedehnterem Masse hat diese billige Art der Wassergewinnung nur auf der Steppe östlich des Felsengebirges und in Südkalifornien ausgeübt werden können.

Die Erfahrung hat gelehrt, dass die artesischen Brunnen eine ziemlich unzuverlässige Quelle der Wasserversorgung sind, besonders dann, wenn man zur intensiven Ausnutzung des einmal entdeckten unterirdischen Reservoirs durch das Treiben zahlreicher Bohrlöcher schreitet. Nach kürzerer oder längerer Zeit vermag dann die wasserführende Schicht die ihr entzogene Flüssigkeit nicht mehr genügend rasch zu ersetzen, die artesischen Brunnen lassen in ihrer Ergiebigkeit nach, und schliesslich hören die höher gelegenen von ihnen auf zu fliessen.

Ein Beispiel dafür ist die Gegend von Denver in Colorado. Von den zahlreichen, ehemals artesischen Brunnen bringen nur noch sehr wenige selbsttätig Wasser bis zur Oberfläche, die grosse Mehrzahl hat mit Pumpanlagen versehen werden müssen.

Auch in Kalifornien, in der Gegend von Riverside, Colton und San Bernardino, in welcher zahlreiche artesische Brunnen erbohrt worden sind, ist schon seit mehreren Jahren in der Höhe der Ergiessung der einzelnen Quellen eine deutliche

Abnahme und teilweise sogar schon gänzliche Versagung eingetreten. Als Beweis dafür kann ich eine persönliche Mitteilung von W. Irving, Chef-Ingenieur der Gage-Kanal-Kompagnie in Riverside, anführen. Die Kompagnie besass an artesischem Wasser:

Tabelle XVIII.

Jahr	Artesische Brunnen	Kubikfuss Wasser pro Sekunde
1887	14	12,00
1888	26	22,70
1889	27	21,82
1892	55	35,86
1899	68	28,80

Im Jahre 1892 lieferten also 55 artesische Quellen beträchtlich mehr Wasser als 68 im Jahre 1899, und im Mai 1902 schätzte Irving die artesische Ergiessung sogar nur noch auf wenig über 20 Kubikfuss pro Sekunde, das ist beinahe nur noch die Hälfte von der Ergiessung des Jahres 1892. Ferner waren:

1892 von 55 Quellen 4 nicht mehr fliessend
1899 „ 68 „ 13 „ „ „

Entsprechend der Zusammenstellung einer Anzahl von gewöhnlichen Brunnen in Tabelle XVII mögen in Tabelle XIX einige artesische Brunnen aufgeführt werden, für welche ich die Zahlenangaben ebenfalls mündlichen Mitteilungen verdanke.

Die geringe Tiefe der beiden artesischen Brunnen aus Arizona ist darin begründet, dass die Brunnen ganz dicht am Santa Cruz River liegen. Die beiden artesischen Quellen aus der Nähe von San Antonio in Texas, die nur wenige Meter von einander entfernt liegen, geben zusammen pro Minute 1000 Gallonen Wasser, aber schon die eine allein hatte genau dieselbe Menge geliefert, als die andere noch nicht vorhanden war.

Tabelle XIX.

Ort	Staat	Anzahl der Brunnen	Tiefe in Fuss	Wassermenge. Gallonen pro Minute
Tucson	Arizona	1	13	500
„	„	1	16	ca. 1000
San Antonio	Texas	2	600	1000
Chino	Kalifornien	9	150	1350
Riverside	„	55	100—784	$28{,}80-987{,}75$ in Sa. 16141
Lehi	Utah	—	150—400	?

Aus dem, was über die artesischen Brunnen gesagt worden ist, dürfte hervorgehen, dass bei ihnen eine Ausnutzung in grösserem Massstabe auf die Dauer ausgeschlossen ist. Dagegen können sie sehr wohl im Stande sein, Bewässerungsanlagen mässigen Umfangs hinreichend zu versorgen, und sie werden in solchen Fällen mit Recht sehr geschätzt, da sie nach ihrer Fertigstellung so gut wie keine Kosten mehr verursachen.

Die Quellen. Mit den artesischen Brunnen haben die natürlichen Quellen in mannigfacher Hinsicht eine Ähnlichkeit aufzuweisen. Auch bei ihnen ist eine Leitung auf das zu bewässernde Feld mit alleiniger Hilfe der Schwerkraft möglich, aber auch sie liefern nur geringe Wassermengen. Aus dem letzteren Grunde ist es bei den gewöhnlichen wie auch bei den artesischen Quellen in der Regel vorteilhaft, oder geradezu erforderlich, das Wasser nicht direkt auf den Acker zu leiten sondern erst in Bassins anzusammeln, um dann grössere Mengen auf einmal zur Verfügung zu haben.

Das Sickerwasser. Bei der Zuleitung des Wassers in nicht völlig undurchlässigen Kanälen und bei der Anwendung

reichlicher Flüssigkeitsmengen in der Bewässerungswirtschaft versickert ein Teil des Wassers in den Untergrund. Dort bewirkt er die Hebung des Grundwasserspiegels, die allmählich so weit gehen kann, dass Geländeeinsenkungen versumpfen und selbst Quellen gebildet werden. In Flusstälern fliesst das Sickerwasser zum grössten Teil wieder dem Flusse zu. So finden zum Beispiel nach Messungen Carpenters beim Poudre River im nördlichen Colorado volle 30 Prozent von dem Wasser, das ihm zum Zwecke der Bewässerung entnommen worden ist, den Weg zum Flusse zurück und können ihm von neuem zum Tränken der Felder entnommen werden.

Je länger in einer Gegend die Bewässerungswirtschaft betrieben wird, um so geringer wird der Wasserbedarf, um so grösser wird die Menge des in den Untergrund sickernden Wassers, um so nötiger wird die Beachtung des schon einmal ausgesprochenen Satzes „Keine Bewässerung ohne Entwässerung," und um so reichlicher fliesst die Quelle des Sicker- und Drainagewassers, das zum zweiten und dritten Male zu segensreichem Wirken auf dem fruchtbaren ariden Boden zur Verfügung steht.

2. Die Beschaffenheit des zur Bewässerung verwendeten Wassers.

In der ariden und semiariden Region dient die Bewässerung fast ausschliesslich der Anfeuchtung, die Wasserzuführung zum Zwecke der Erwärmung oder Düngung kommt nur selten in Betracht. Wenn jedoch das zur Anfeuchtung beschaffte Wasser erwärmend wirkt oder Pflanzennährstoffe in grösseren Mengen mit sich führt, so werden diese günstigen Nebenwirkungen gern mit in den Kauf genommen. In vielen Fällen wiederum wirkt das Wasser erkältend oder bringt die Vegetation schädigende Stoffe auf den Acker oder verschlämmt Reservoire und Kanäle.

a. Die Temperatur des Wassers.

Das oberirdische Wasser besitzt im allgemeinen nur im Winter eine höhere Temperatur als das Ackerland, dagegen

ist es in den eigentlichen Bewässerungsmonaten kälter als der Boden. Der Temperaturunterschied wird jedoch nur dort beträchtlich und die Vegetation benachteiligend sein, wo das Wasser hochgelegenen Teilen des Gebirges entstammt und zur Anwendung gelangt, ohne zuvor eine längere Strecke der Ebene durchflossen zu haben. In solchem Falle ist es nötig, das Wasser kurze Zeit in Reservoirs stehen zu lassen, um ihm die Möglichkeit zum Temperaturausgleich zu geben.

Auch das unterirdische Wasser ist in der Vegetationszeit kälter als die Erdschicht der Oberfläche, wenn es nicht sehr grossen Tiefen entnommen wird, ein Stehenlassen in Reservoirs zum Zwecke der Erwärmung ist aber nur ausnahmsweise erforderlich und wird in Amerika auch wenig angewandt.

Überhaupt darf man hinsichtlich der Bewässerung mit einem Wasser, das kälter ist als der Boden, nicht allzu ängstlich sein, besonders dann nicht, wenn kein Überfluten stattfindet, sondern in Furchen bewässert wird. Denn bei diesem System kommt das Wasser mit den oberirdischen Pflanzenteilen garnicht und mit den Wurzeln erst dann in Berührung, wenn es durch Entlanglaufen in den flachen Furchen seine Temperatur erhöht hat.

Und schliesslich darf nicht vergessen werden, dass das Wasser in der regenarmen Region nur in beschränkten Mengen zur Verfügung steht und dass es rationeller sein wird, lieber eine kurze Verzögerung der Vegetation mit in den Kauf zu nehmen als sich dem meist erheblichen Wasserverlust durch Verdunstung und Versickerung auszusetzen.

Das Wasser der tiefen artesischen Brunnen ist oftmals wärmer als die Erdoberfläche. Von den in der Tabelle XIX erwähnten Quellen besitzen die beiden von San Antonio eine Temperatur von 23,3° C., bei den 55 Quellen von Riverside wurden 16,7—23,9° C. gemessen. Zum Vergleich bringt Tabelle XX die nach fünfjährigen Ermittlungen berechneten mittleren Monatstemperaturen in Riverside.

Tabelle XX.

Mittlere Temperaturen in Riverside, in „Grad Celsius".

Lufttemperatur		Temperatur in 55 artesischen Brunnen von 100—784 Fuss Tiefe
Januar	10,3	16,7—23,9
Februar	10,2	
März	12,6	
April	15,4	
Mai	17,8	
Juni	19,1	
Juli	24,0	
August	24,2	
September	21,0	
Oktober	17,9	
November	14,4	
Dezember	10,9	
Jahr	16,5	

b. Die im Wasser suspendierten und gelösten Stoffe.

Wenn auch in der ariden Region für die Rentabilität der Bewässerungswirtschaft Grundbedingung ist, dass eine genügende Wasserquantität zur Verfügung steht, so ist doch auch die Qualität des Wassers durchaus nicht als gleichgiltig und unwesentlich anzusehen. Ein schlammreicher Fluss oder Bach, der dem Acker ausser der Feuchtigkeit noch eine Menge Pflanzennährstoffe zuführt, verdient von dem Landwirt ungleich höher als Wasserquelle geschätzt zu werden, als klares, reines Gebirgs-, See- oder Untergrundwasser. Mit Ausnahme der Seen sind letztere im allgemeinen arm an gelösten Stoffen, nur an Alkalien und oft auch an alkalischen Erden ist das Wasser der Seen, Quellen und Brunnen zuweilen sehr reich, ja der hohe Natrongehalt kann seiner pflanzenschädlichen Wirkung wegen die Verwendung ganz unmöglich machen. In den fliessenden oberirdischen Gewässern sind die Alkalien

seltener in so grossen Mengen vorhanden, dass die Vegetation geschädigt wird, wenn auch das Flusswasser häufig reich an Kali und Natron ist.

In der alkalireichen, regenarmen Region muss demnach im Durchschnitt ein Wasser um so geeigneter zur Bewässerung angesehen werden, je weniger gross sein Gehalt an gelösten Stoffen ist.

Wesentlich anders verhält es sich mit dem schlammigen, an organischer Substanz reichen, erdigen Material, das von den fliessenden Gewässern zu Tale geführt wird. Die Flüsse des nordamerikanischen Westens sind reich an suspendierten Stoffen, besonders diejenigen, in deren Quellgebiet die Niederschläge mit grosser Heftigkeit niederzugehen pflegen. Am schlammreichsten dürften der Rio Grande in Neu-Mexico, der Gila-River in Arizona und die grösseren Flüsse in Colorado sein.

Von den Versuchsstationen sind zahlreiche Wasseranalysen ausgeführt worden. In Neu-Mexico hat Arthur Goss[23]), in Arizona R. H. Forbes[25]) von einigen grösseren Flüssen für je ein Jahr täglich Wasserproben entnommen und die daraus erhaltenen monatlichen resp. wöchentlichen Mischproben analysiert. Tabelle XXI bringt für drei Flüsse den monatlichen Durchschnittsgehalt an suspendierten Stoffen, wie er sich aus den Berichten von Goss und Forbes ergibt.

Der Gehalt an mitgeführtem, erdigen Material ist darnach in den verschiedenen Monaten recht verschieden, beim Rio Grande variiert er von 216 Teilen im Februar bis zu 2837 Teilen im August (in 100000 Teilen Wasser). Im allgemeinen ist nicht nur die absolute sondern auch die prozentische Menge der Sinkstoffe in den Hochwasserperioden am grössten.

Auch über den Gehalt der suspendierten Substanz an den wichtigeren Pfanzennährstoffen finden sich Angaben in den Berichten der landwirtschaftlichen Versuchsstationen.

Tabelle XXI.

Gehalt des Flusswassers an suspendierten Stoffen in 100000 Teilen Wasser.

Durchschnittsgehalt für	Rio Grande Juni 1893 bis Juni 1894	Salt River 1. Aug. 1899 bis 4. August 1900	Colorado River 10. Jan. 1900 bis 24. Jan. 1901
Januar	257	—	70
Februar	216	7	62
März	338	16	75
April	436	33	103
Mai	586	35	399
Juni	407 u. 268	7	349
Juli	1109	44	190
August	2837	315	57
September	2376	315	318
Oktober	887	221	1170
November	ohne Wasser	16	463
Dezember	216	23	136
Jahr	831	—	283

In Tabelle XXII ist das Mittel der Resultate, welche Arthur Goss bei der Analyse der monatlichen Wasserproben aus dem Rio Grande erhalten hat, einer von englischen Chemikern ausgeführten Analyse des Nilschlammes[41]) gegenübergestellt worden.

Tabelle XXII.

	Sinkstoffe aus dem	
	Rio Grande %	Nil %
Stickstoff	0,108	0,04
Phosphorsäure	0,139	0,32
Kali	1,44	0,98

Darnach steht der Schlamm des Rio Grande dem des Nil nur im Phosphorsäuregehalt nach, während er ihn im Stickstoff- und Kaligehalt noch übertrifft.

Wie nun der Nil alljährlich seine Schlamm-Massen an das kultivierte Land abgibt und dasselbe immer wieder neu befruchtet, so sind auch viele Flüsse des ariden Amerika imstande, dem bewässerten Lande reichlich Pflanzennährstoffe zuzuführen.

Nur eine Schwierigkeit ist hierbei zu überwinden; es muss nämlich verhütet werden, dass das Wasser die suspendierten Stoffe schon während des Zuleitens in grösseren Mengen zu Boden sinken lässt. Ein teilweises Ablagern des vom Wasser mitgeführten erdigen Materials im Hauptzuleiter ist leider niemals zu vermeiden, da man demselben in der Regel ein weit geringeres Gefälle geben muss als der Fluss besitzt, um möglichst viel Land unter den Kanal zu bringen.

Ist es gar erforderlich, das Flusswasser in Reservoirs anzusammeln, oder mit Hilfe von hohen Dämmen im Flussbette aufzustauen, so ist der grösste Teil der Sinkstoffe für den Acker verloren und macht ausserdem die Bewässerungsanlagen durch Zufüllen allmählich untauglich. Diese Nachteile sind um so fühlbarer, weil gewöhnlich gerade das an Schlamm besonders reiche Hochwasser zur Speisung der Reservoirs dient.

Besitzt andrerseits der Fluss an der Stelle, wo die Wasserentnahme stattfindet, ein grosses Gefälle, sodass in Perioden hohen Wasserstandes nicht nur Schlamm sondern auch Sand und gar Kies vom Wasser mit fortgerissen werden, so kann es zweckmässig sein, durch Verlangsamung der Geschwindigkeit im obersten Teile des Zuleiters oder durch ein kurzes zum Stillstand Bringen in einer Geländeeinsenkung ein Absetzen des gröberen Materials absichtlich zu veranlassen, um den Acker nicht zu versanden.

Die düngende Wirkung der im Wasser gelösten Stoffe ist von geringer Bedeutung, sie kommt bei den verhältnismässig kleinen Wassermengen, welche die anfeuchtende

Bewässerung dem Boden zuführt, eigentlich nur in Betracht, wenn das Wasser kalkreiche Erdschichten durchflossen hat und daher sehr kalkhaltig ist. Jedoch ist in den ariden Böden im allgemeinen genügend Kalk vorhanden, sodass eine weitere Zuführung kaum zur Wirkung gelangt. Der einzige Pflanzennährstoff, an dem die Böden der regenarmen Region in der Regel Mangel leiden, ist der Stickstoff, und in zweiter Linie würde die Phosphorsäure für die künstliche Zuführung in Betracht kommen. Aber gerade einen etwa für diese beiden wichtigen Stoffe vorhandenen Bedarf vermag das von Sinkstoffen freie Wasser nicht zu befriedigen.

Darum steht für die Verwendung eines Gewässers zur künstlichen Bewässerung nicht die Frage nach den nützlichen sondern nach den eventuell nachteilig wirkenden Stoffen, welche das Wasser enthält, im Vordergrund, nämlich nach den Alkalien.

Zwar ist der Kaligehalt der Gewässer wohl niemals so hoch, dass er für sich das Pflanzenwachstum schädigen könnte, ja die kostenlose Zuführung dieses wichtigen Nährstoffes durch die Bewässerung könnte selbst auf den kalireichen ariden Böden zuweilen vorteilhaft sein. Wohl aber ist das Natron, welches dem Boden leichter entführt wird und sich daher in viel grösseren Mengen in den Gewässern vorfindet als das Kali, bei reichlichem Vorhandensein ein erbitterter Feind der Vegetation.

Wie schon mehrfach erwähnt wurde, hat Hilgard seit vielen Jahren die Ausnutzungsmöglichkeit des Alkali-Landes und des Alkali-Wassers eingehend studiert und zu diesem Zwecke zahlreiche Analysen von oberirdischen und unterirdischen Gewässern der ariden Region, besonders Kaliforniens, ausführen lassen.

Es ist jedoch nicht möglich gewesen, genaue Zahlen aufzustellen, welche angeben, bei welcher Höhe des prozentischen Alkaligehaltes die Verwendung des Wassers zur künstlichen Bewässerung bedenklich wird.

Viele andere Faktoren spielen hierbei noch eine wesentliche Rolle, nicht nur die Form, in welcher die Hauptmenge des Natrons auftritt, ob als „schwarzes Alkali", als kohlensaures Natron oder als das weniger gefährliche „weisse Alkali", als schwefelsaures Salz und Chlorid, sondern auch andere Momente, wie die Bodenbeschaffenheit, der Reichtum des Landes selbst an Alkali, die angewendete Wassermenge, die Häufigkeit der Bewässerung und das Vorhandensein oder Fehlen einer natürlichen oder künstlichen Drainage.

Literatur.

1. Weather Bureau, Bull. D., „Rainfall of the United States.“ Washington 1897.
2. A. W. Greeley, „Report on the Climatology of the Arid Regions of the United States.“ Washington 1891.
3. Letter of the Chief Signal Officer on the „Climate of Oregon and Washington Territory.“ Washington 1889.
4. Herbert M. Wilson, „Manual of Irrigation Engineering.“ New-York 1901.
5. F. H. Newell, „Irrigation in the United States.“ New-York 1902.
6. F. H. King, „Irrigation and Drainage.“ New-York 1902.
7. United States Geological Survey „Water Supply and Irrigation Papers, No. 10, 13, 17, 18, 19, 58, 59, 60, 61.“ Washington.
8. U. S. Geological Survey, „Annual Report 1899—1900. Hydrography.“ Washington.

Berichte landwirtschaftlicher Versuchsstationen.

9. Colorado: L. G. Carpenter, „Seepage or return waters from Irrigation.“ 1896.
10. Colorado: L. G. Carpenter, „The Loss of water from reservoirs by seepage and evaporation.“ 1898.
11. Colorado: L. G. Carpenter, „Meteorology of 1897.“ 1898.
12. „ „ „Forests and Snow.“ 1901.
13. „ William P. Headden, „The Soil.“ 1901.
14. „ „ „The Ground-water.“ 1902.

15. Montana: S. Fortier, „The seepage loss from canals." 1900.
16. Idaho: Hal. T. Beans, „Some Idaho-soils". 1901.
17. Utah: „12. Annual report." 1901.
18. „ A. A. Mills, „Farm-irrigation." 1895.
19. „ James Dryden, „The Climate of Utah." 1897.
19a. „ John A. Widtsoe, „Chemical composition of Utah-soils." 1898.
20. Wisconsin: „16. Annual report." 1899.
21. Kansas: „6. Annual report." 1894.
22. Texas: S. A. McHenry, „Report from Beeville Station." 1898.
23a. New-Mexico: Arthur Goss, „The value of Rio Grande Water for Irrigation." 1893.
23b. New-Mexico: Arthur Goss, „Principles of Water analysis." 1900.
24a. Arizona: Alfred McClatchie, „Utilizing our Water supply." 1902.
24b. Arizona: Alfred McClatchie, „Irrigation at the Station farm." 1902.
25. Arizona: R. H. Forbes, „The River irrigating waters of Arizona." 1902.
26. California: Annual reports for 1995—96, 1896—97, 1897 bis 1898, 1898—1901.
27. California: E. W. Hilgard, „Alkali Lands, Irrigation and Drainage." 1902.

28. E. W. Hilgard, „Report on the methods of Physical and Chemical Soil Analysis."
29. E. W. Hilgard, „Characteristics of Soils in the arid regions." Berlin 1900.
30. E. W. Hilgard, „Die Bodenverhältnisse Kaliforniens." Abdruck aus der Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft. Jahrg. 1893.

31. E. W. Hilgard, „Über den Einfluss des Klimas auf die Bildung und Zusammensetzung des Bodens.“ Forsch. a. d. Gebiete der Agrikulturphysik, Band 16.
32. E. W. Hilgard, „Über die Beziehung zwischen Humusbildung und Kalkgehalt der Bodenarten.“ Forsch. a. d. Gebiete der Agrikulturphysik, Band 15.
33. F. Wohltmann, „Landwirtschaftliche Reisestudien über Chicago und Nordamerika.“ Breslau 1894.
34. Traugott Müller, „Die amerikanische Bewässerungswirtschaft.“ Berlin 1894.
35. Karl Kaerger, „Die künstliche Bewässerung in den wärmeren Erdstrichen.“ Berlin 1893.
36. J. Hann, „Handbuch der Klimatologie.“ Stuttgart 1883.
37. G. Hellmann, „Regenkarte der Provinz Sachsen.“ Berl. 1902.
38. P. Holdefleiss, „Die Einrichtungen für Witterungskunde am Landwirtschaftl. Institut der Universität Halle a. S.“ Dresden 1902.
39. H. Bode, „Die Ursachen der Fruchtbarkeit des Ackerlandes.“ Ill. Landw. Z. 1902.
40. P. Kresnik, „Vorstudien über die Bodenbewässerung.“ Göttingen 1881.
41. Karl Kaerger, „Die Landwirtschaft Ägyptens.“ Mitteilungen der D. L. G. 1903.

Berichtigung.

Seite 2, Zeile 10 von unten, lies **„bestimmende“** statt „bestimmte“.

Seite 27, Zeile 19 von oben, lies **„allerungünstigste“** statt „allergünstigste“.

Lebenslauf.

Als ältester Sohn des Rittergutsbesitzers Richard Golf wurde ich, Richard Arthur Golf, evangelischer Konfession, am 21. Juli 1877 zu Beyersdorf, Kreis Bitterfeld, Provinz Sachsen, geboren. Von Ostern 1887 bis dahin 1896 besuchte ich das städtische Gymnasium zu Halle a. S. und verliess dasselbe mit dem Zeugnis der Reife.

Nunmehr war ich auf zwei Gütern der Provinz Sachsen tätig, um die praktische Landwirtschaft zu erlernen. 1897/98 genügte ich meiner einjährigen Dienstpflicht in Breslau und war gleichzeitig an der Universität Breslau immatrikuliert. Zur Fortsetzung des dort begonnenen Studiums der Landwirtschaft bezog ich im Oktober 1898 die Universität Halle und bestand am 4. Juni 1901 das staatliche Examen für Lehrer der Landwirtschaft an Landwirtschaftsschulen und am 2. April 1902 die Prüfung in der Kulturtechnik.

Vom 1. Nov. 1901 bis Ende April 1902 war ich Assistent am Institut für Bodenlehre und Pflanzenbau der landwirtschaftlichen Akademie Bonn-Poppelsdorf. Darauf trat ich, ausgerüstet mit Empfehlungen des Kgl. Preussischen Ministeriums für Landwirtschaft, Domänen und Forsten, eine fünfmonatliche Studienreise nach Nordamerika an. Mein Studium galt in erster Linie der Bewässerungswirtschaft im regenarmen nordamerikanischen Westen.

Nach der Heimkehr wurde ich im Oktober 1902 Assistent am physiologischen Laboratorium des landwirtschaftlichen Instituts der Universität Halle und verblieb in der Stellung bis

Mai 1903. Am 1. Oktober 1903 übernahm ich die Stellung des Versuchsfeld-Assistenten der landwirtschaftlichen Akademie Bonn-Poppelsdorf.

Während meiner Studienzeit besuchte ich Vorlesungen, Laboratorien und Seminare bei folgenden Herren Professoren, Dozenten und Lektoren:

In Breslau: Auhagen, Frech, Holdefleiss, v. Nathusius, v. Rümker.

In Halle: Arndt, Brandes, Buhlert, Conrad, Disselhorst, Doebner, Dorn, Falke, Freytag, v. Fritsch, Grenacher, Haym (†), Holdefleiss, Klebs, Kühn, Maercker (†), v. Mendel-Steinfels (†), Nachtweh, Rabe, Taschenberg, Vaihinger, Volhard.

In Bonn-Poppelsdorf: Wohltmann.

Allen meinen Lehrern fühle ich mich zu grossem Danke verpflichtet, vor allem Sr. Excellenz, Herrn Wirkl. Geh.-Rat Prof. Dr. Julius Kühn, ferner Herrn Dr. Rabe, Geschäftsführenden Direktor der Landwirtschaftskammer für die Provinz Sachsen, und besonders Herrn Geheimrat Professor Dr. Wohltmann, der mich auf das interessante Studium der nordamerikanischen Bewässerungswirtschaft hinwies und der mir vor und während meiner Reise mit seinem gütigen Rat zur Seite gestanden hat.

Thesen.

1. Die volkswirtschaftliche Erschliessung des westlichen Nordamerika ist von der Ausdehnung abhängig, welche die Bewässerungswirtschaft nehmen kann.

2. Die Erhaltung der Wälder im Gebirge bildet die Grundlage einer geordneten Wasserwirtschaft.

3. Bei der Humusbestimmung in den Böden der ariden Region verdient die Methode Grandeaus (Bestimmung der matière noire) den Vorzug vor der Elementaranalyse.

4. Für die hohe Rentabilität der nordamerikanischen Rübenzuckerproduktion ist das Vereinigtsein von Rohzuckerfabrik und Raffinerie ein wesentlicher Faktor.

Auch in Deutschland würde es sowohl im Interesse der Zuckerfabriken als auch der Rüben bauenden Landwirte liegen, wenn die Fabriken selbst Raffinade herstellen würden, oder wenn mehrere Fabriken zusammen eine Raffinerie-Genossenschaft bildeten.

3 2044 102 884 657

U. HOLZER BINDER BOSTON, MASS.